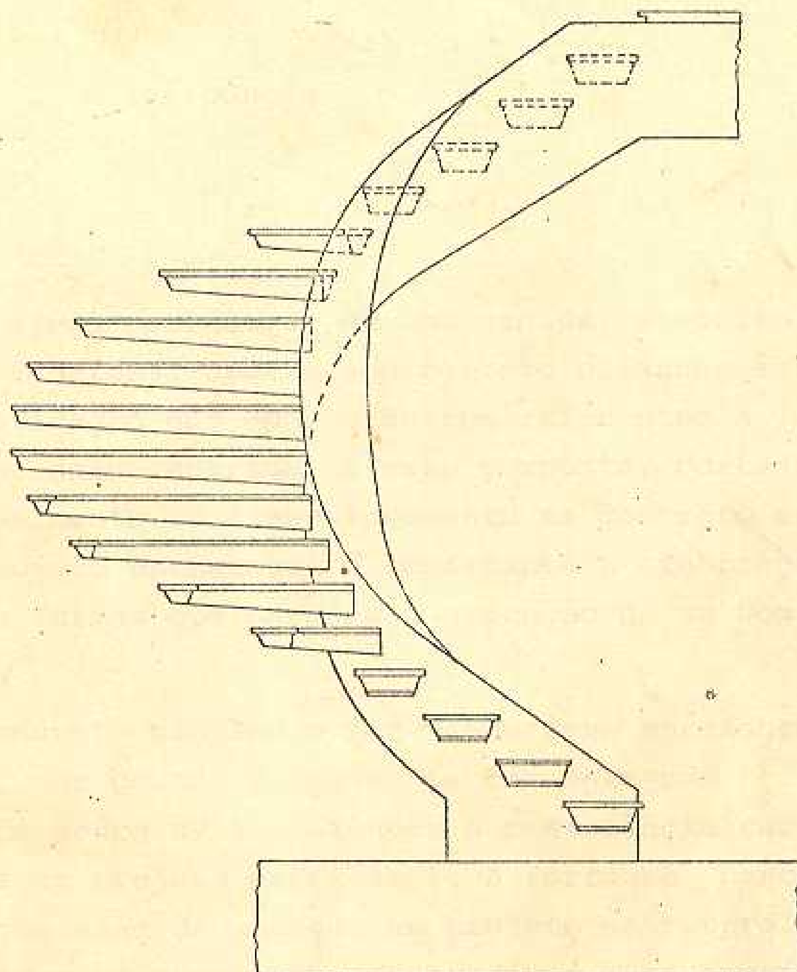
1

C O N C R E T O A R M A D O



CADERNO Nº 4: E S C A D A S

Marcello da Cunha Moraes*

* Professor da Universidade de Brasília

7 - Escadas

Introdução

O projeto estrutural de uma escada, atendido o problema de sua funcionalidade e seu correto balanceamento fica reduzido à aplicação dos conhecimentos referentes a flexão simples, compressão centrada, flexão composta, cortante, torção e principalmente ao dimensionamento em concreto armado. Ao lado do projeto estrutural é importante a elaboração de um projeto de formas que permita a execução de um bom trabalho.

O concreto simples a ser usado deve apresentar boa plasticidade, ser dosado normalmente com agregado graudo constituido de pedra nº 1 e atender a resistência característica indicada no projeto estrutural. A ferragem normalmente adotada é a que além de atender ao projeto estrutural venha também facilitar os problemas construtivos e os serviços de formas são mais de marcenaria do que propriamente de carpintaria.

ESCADAS

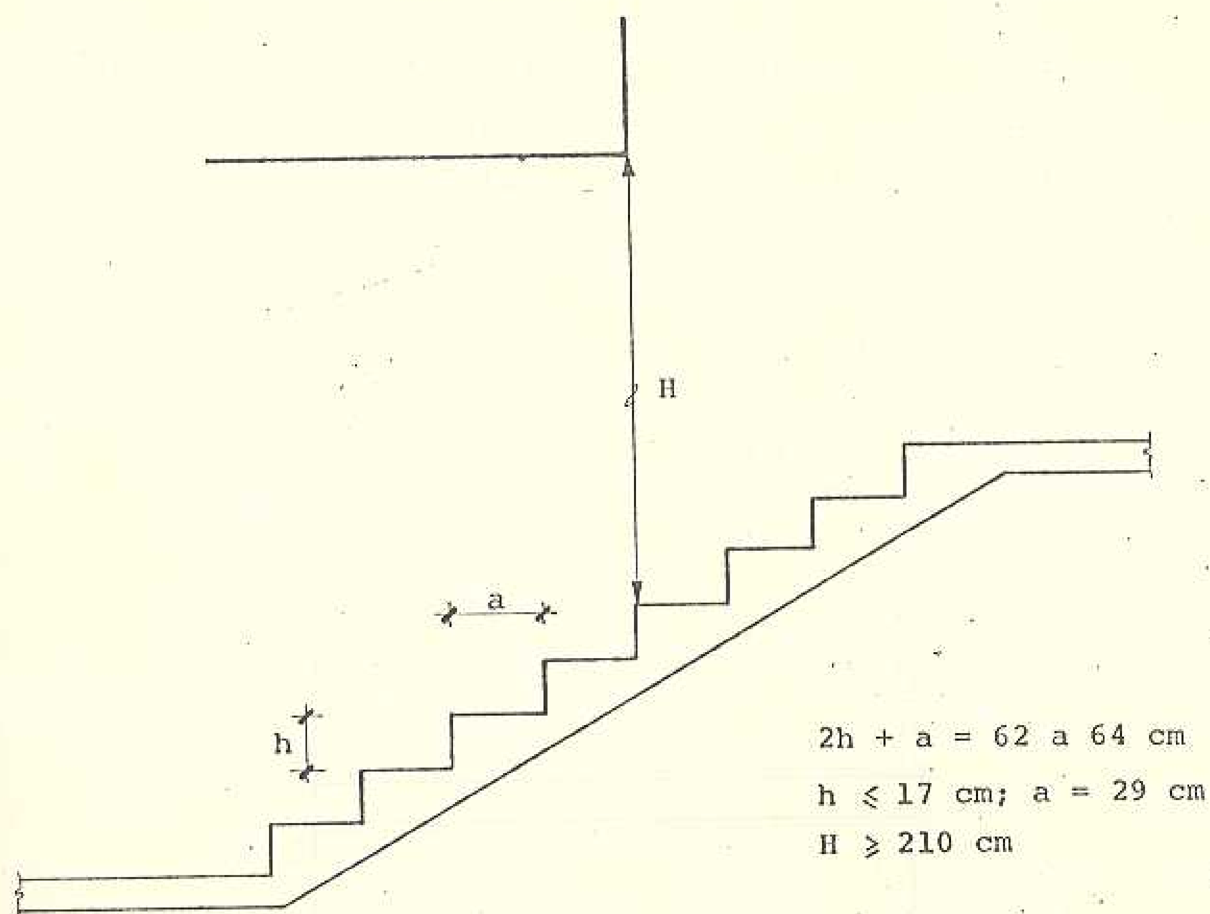


Fig. 1

7.1 - Cargas a serem consideradas

- Peso próprio
- Revestimento
- Carga acidental
- Carga de parapeito

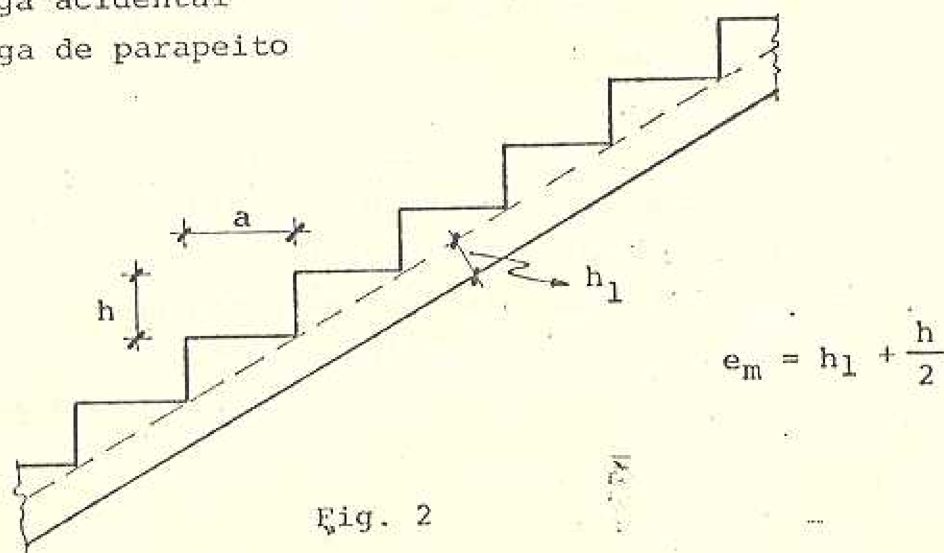


Fig. 2

- Revestimento - 50 kg/m^2 a 100 kg/m^2

- Sobre carga - { Residências - 200 kg/m^2; Edif. Apart. - 300 kg/m^2; Edif. Públicos 400 kg/m^2 ou mais

- Parapeito

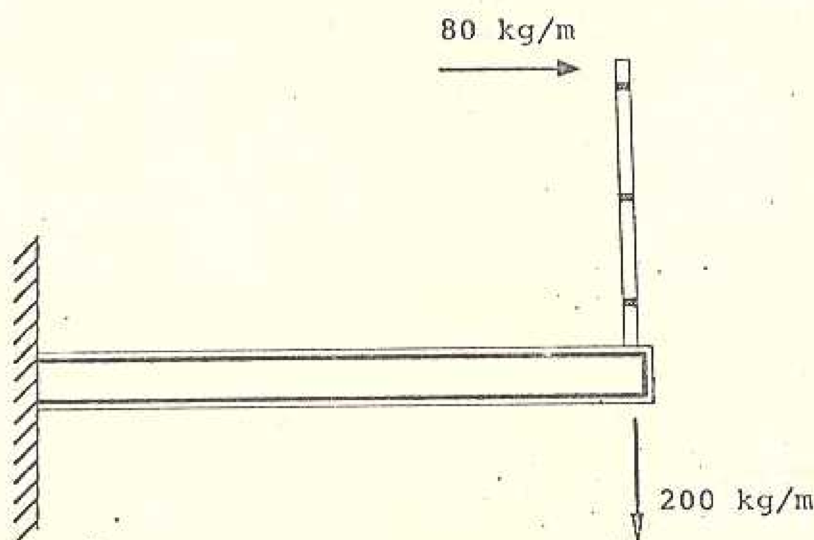
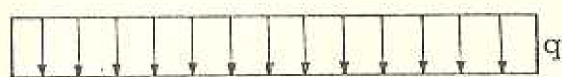


Fig. 3

7.2 - CLASSIFICAÇÃO GERAL DAS ESCADAS SEGUNDO O TIPO ESTRUTURAL

- Escada em laje armada longitudinalmente
- Escada em laje armada transversalmente
- Escada em laje armada em balanço com engastamento em viga reta
- Escada em laje armada em cruz
- Escada em viga reta com degraus em balanço
- Escada em coluna com degraus ou lajes em balanço
- Escada em viga curva helicoidal, com degraus em balanço
- Escada em lajes helicoidal
- Escadas especiais

7.2.1 - Escada em laje armada longitudinalmente



$$M = \frac{ql^2}{8} \qquad M \text{ em kgm/m}$$

ou

$$M = \frac{ql^2}{10} \quad e \quad X = \frac{ql^2}{40}$$

M e X em kgm/m

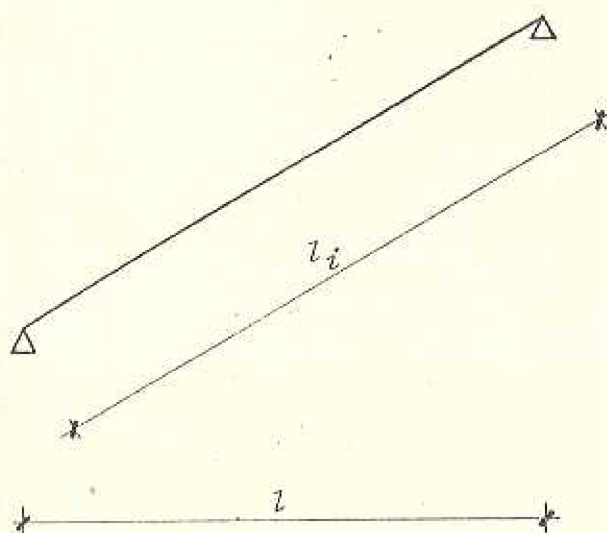


Fig. 4

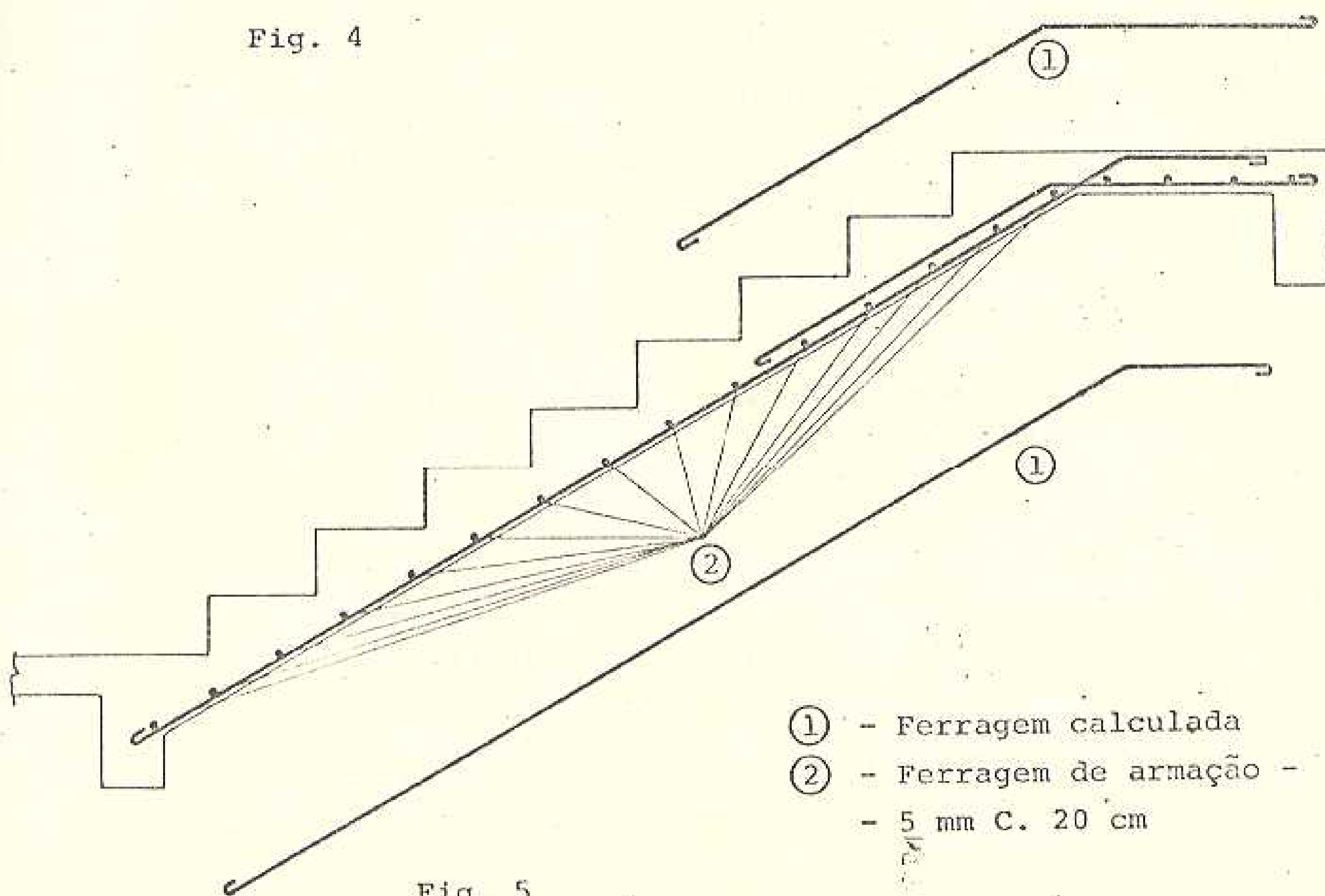
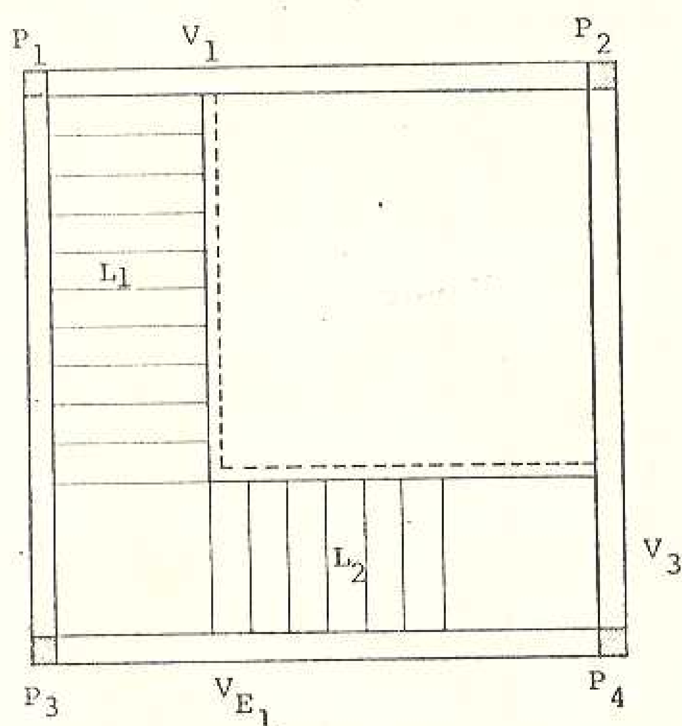
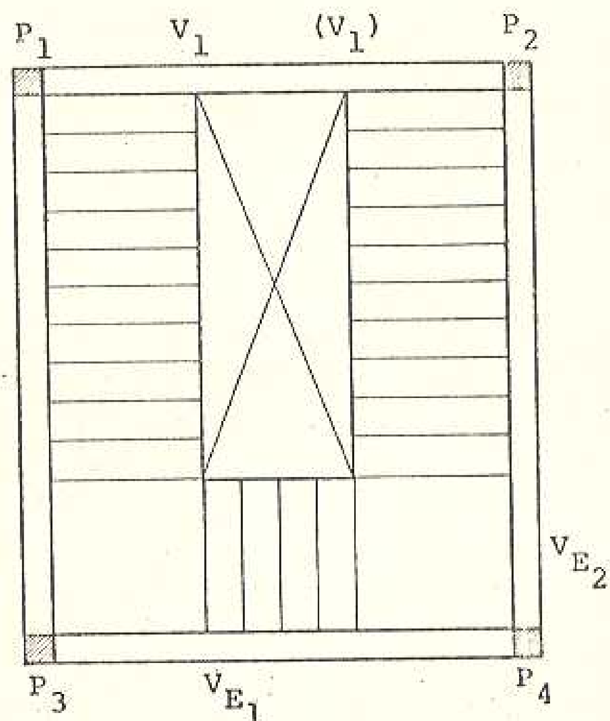


Fig. 5





- Escada em L

Nasce na viga baldrame V_1 e apoia na viga intermediária V_{E_1}, o trecho L_2 nasce no trecho L_1 e apoia na V_3 que está no piso do pavimento superior.

A viga em balanço para receber o trecho L_1.

- Escada em U

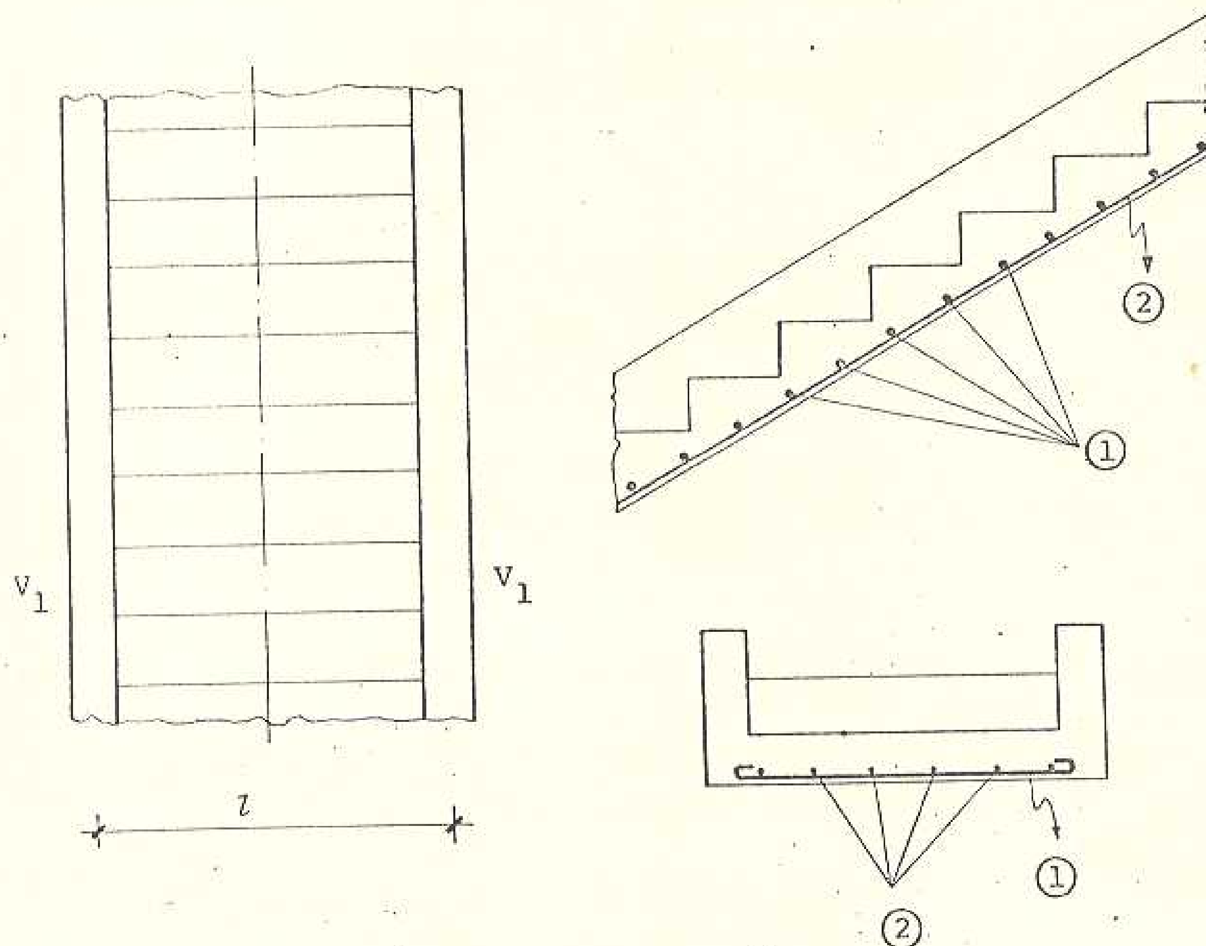
O esquema estrutural é o mesmo usando-se duas vigas intermediárias V_{E_1} e V_{E_2}

OBS:

É importante que a caixa da escada tenha, sendo possível em seus cantos pilares apropriados.

As vigas V_{E_1} e V_{E_2} poderão acompanhar o desenvolvimento dos trechos de escadas - serão vigas inclinadas recebendo a escada e paredes de vedação.

7.2.2 - Escadas em laje armada transversalmente

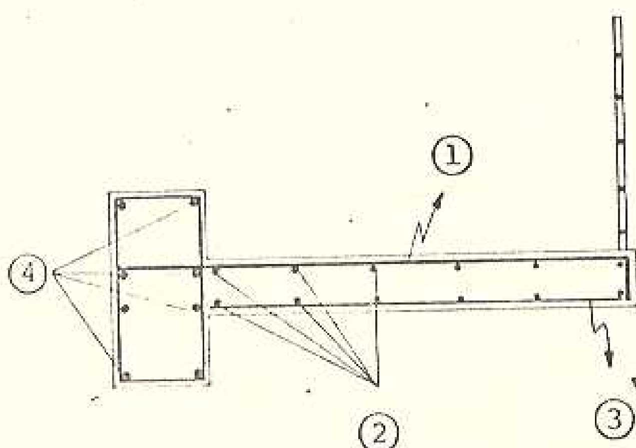


① - Ferragem calculada - $M = \frac{q \cdot l^2}{8}$

② - Ferragem armação - 5 mm c. 20 cm

As vigas V_1 poderão ser substituidas por paredes

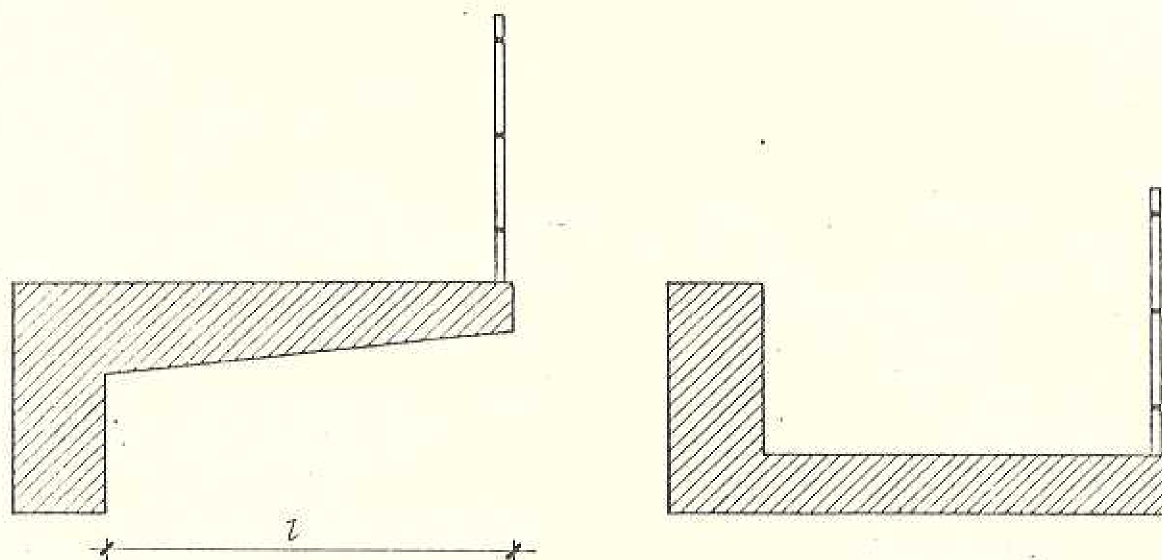
7.2.3 - Escadas em laje armada em balanço engastada em viga reta



① - Ferrágem calculada

② e ③ - Ferragem de armação 5 mm c. 20 cm

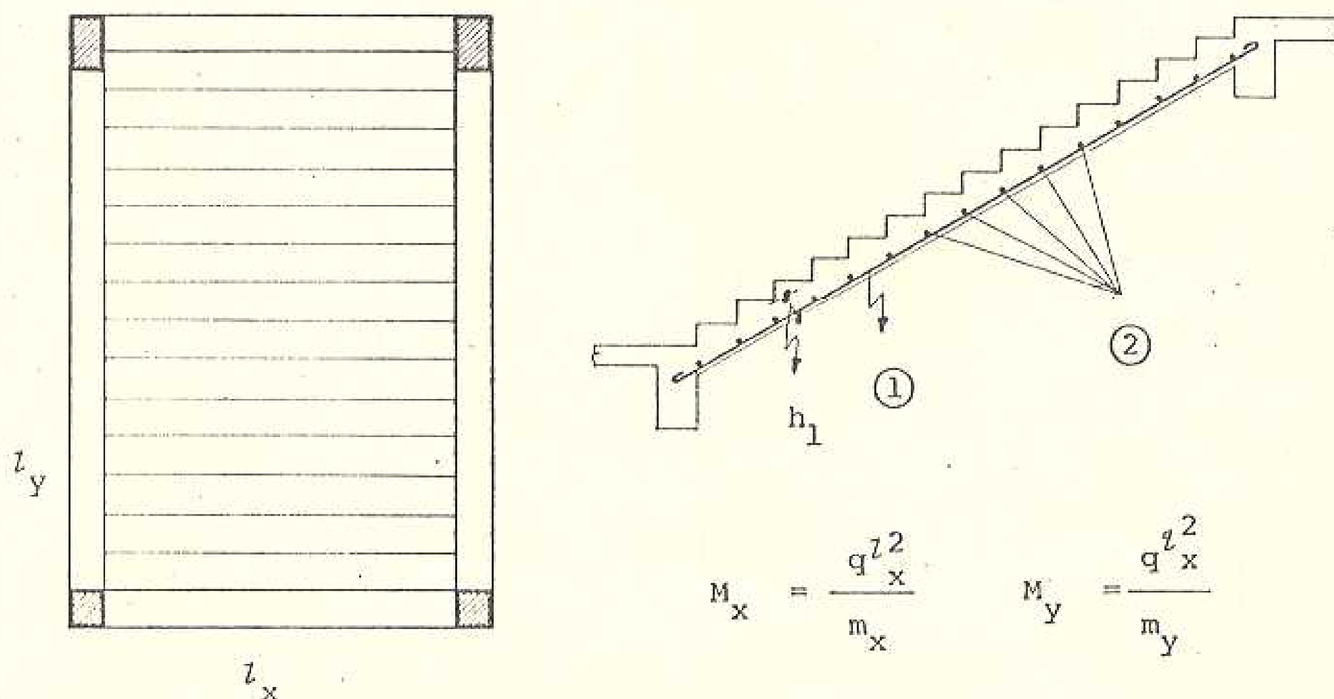
④ - Ferragem calculada



- Viga calculada a torsão
- Laje Flexão Simples - $M = \frac{ql^2}{8}$

- Obs.: Ao longo da viga é interessante colocar no mínimo 3 Pilares.

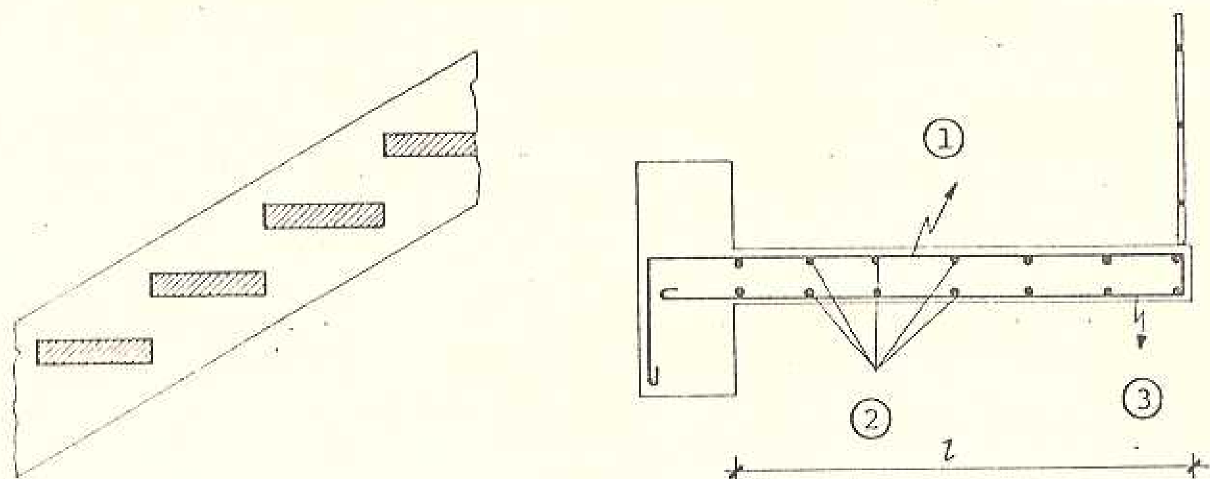
7.2.4 - Escadas em laje armada em duas direções



$$M_x = \frac{ql_x^2}{m_x} \qquad M_y = \frac{ql_x^2}{m_y}$$

① e ② Ferragens calculadas

7.2.5 - Escada em viga reta com degraus em balanço



① - Ferragem calculada

② e ③ - Ferragem de armação
estribos de 5 mm c. 10 cm

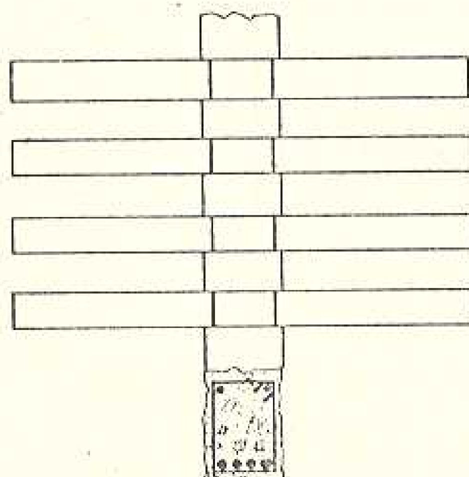
Degrau

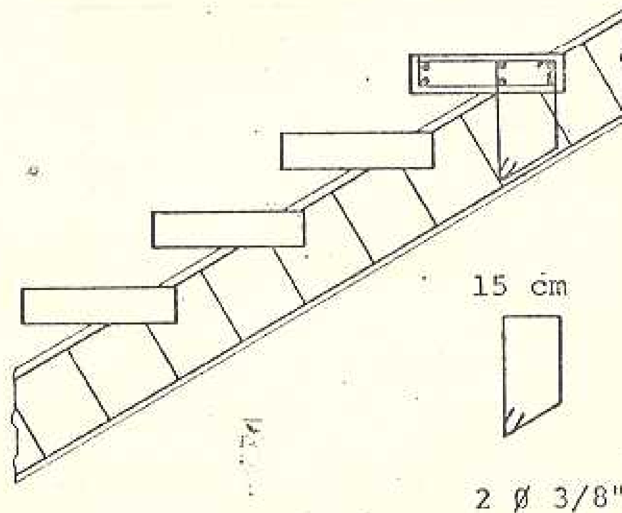


$h_{min} = 6$ cm

$$M = \frac{q l^2}{2}$$

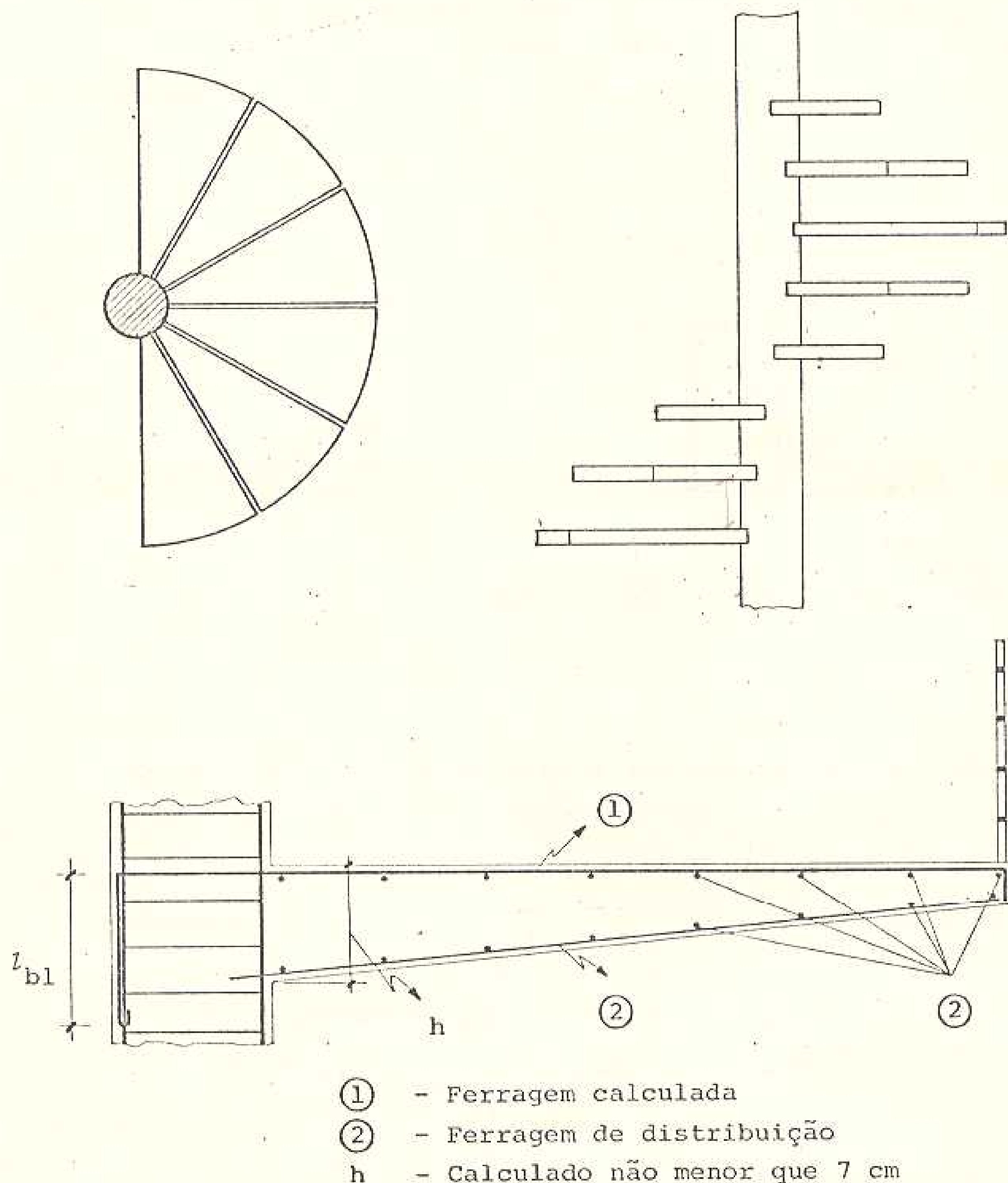
$$M = 300 \text{ kg.} l$$





7.2.6 - Escada em coluna com degraus ou laje em balançao

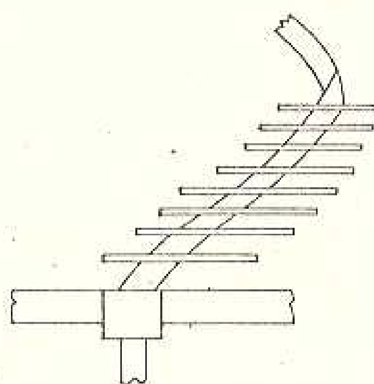
São usadas geralmente em lojas, possibilitando grande economia de espaço, constituida de degraus isolados, engastados na coluna, com subida em hélice.

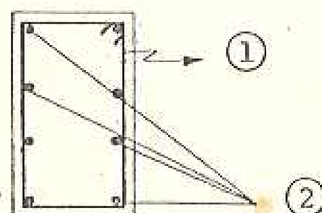


Coluna calculada a flexão composta podendo ser construida com seção circular vazada.

7.2.7 - Escadas em viga curva helicoidal com degraus em balanço

Trata-se de uma viga curva helicoidal de raio constante com extremidades engastadas. Os degraus engastam-se na viga e poderão ser centrados ou não.
A viga estará sendo solicitada por fletores, torsores e cortantes. A viga curva espacial poderá ser assimilida como viga balcão correspondente em projeção horizontal (método aproximado).

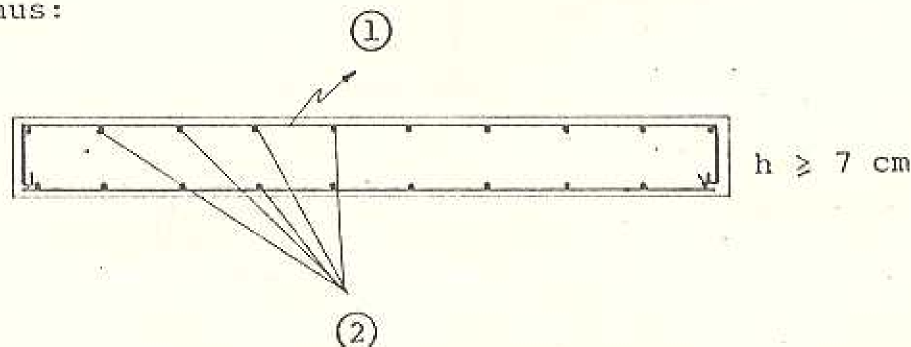




① e ② - Ferragem calculada

Os degraus estão em balanço e são calculados normalmente, mantendo a espessura mínima de 7 cm.

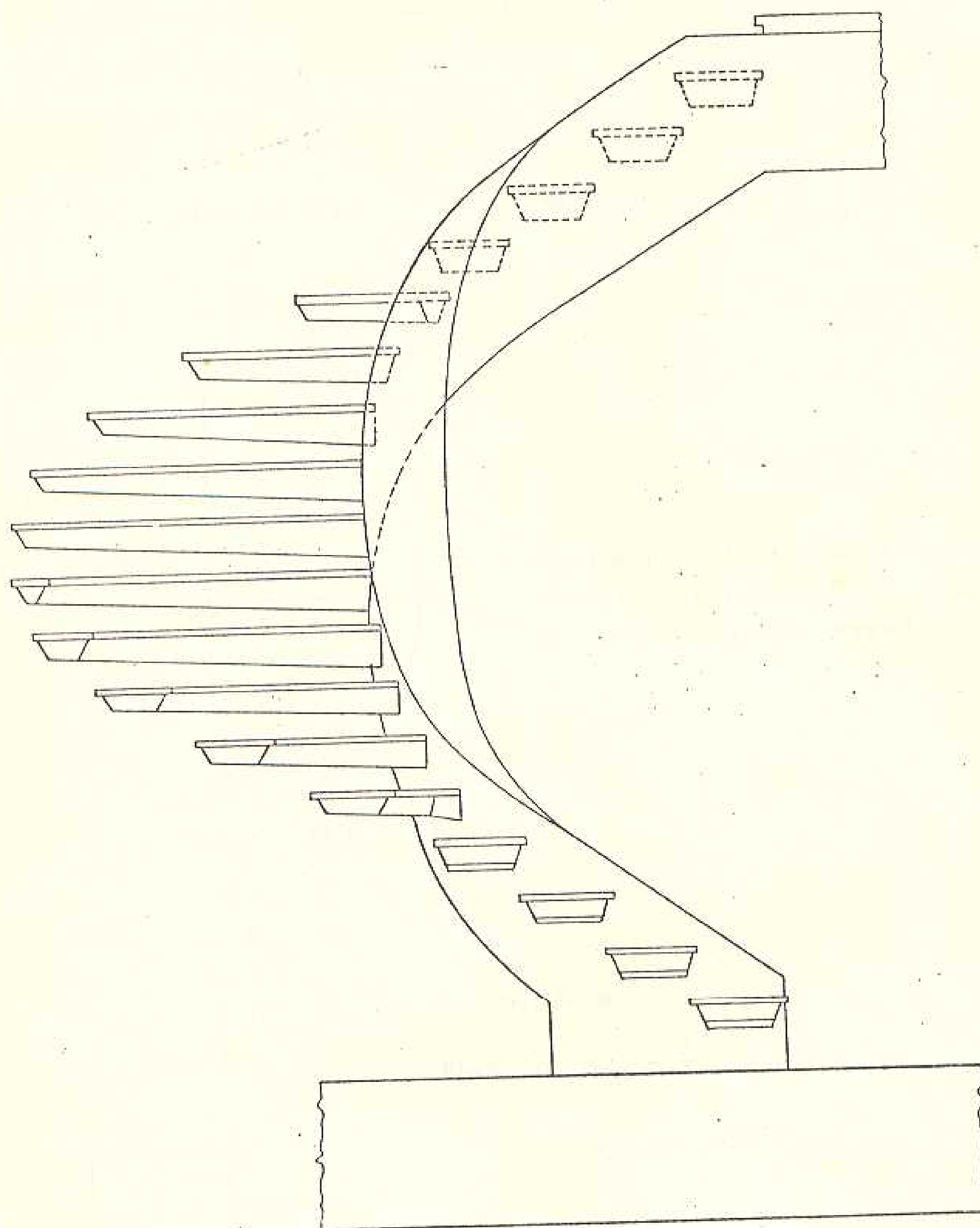
Degraus:



① - Ferragem calculada

② - Ferragem de armação

7.2.8 - Escadas em viga helicoidal



7.2.9 - Escada em viga curva helicoidal com degraus em balanço

1 - Escada circular com uma volta

Seja "q" a carga total por metro linear de comprimento de viga

Peso total da viga: $P = 2.\ \pi R q$

Fig. 1

- Os momentos fletores, torsores e cortantes poderão ser obtidos com o seguinte expediente:

Fig. 2

$x = 0,636\ R$

Exemplo: $M_{f5} - \frac{P}{2} \cdot 0,636\ R = 0$

$M_{f5} = 0,318\ P$

Na mesma linha de raciocínio poderemos escrever:

Ponto 1 : $M_f = 0$

$M_t = 0,5$ PR

$V = 0,5$ P

Ponto 2 : $M_f = 0,047$ PR

$M_t = 0,488$ PR

$V = 0,375$ P

Ponto 3 : $M_f = 0,16$ PR

$M_t = 0,41$ PR

$V = 0,25$ P

Ponto 4 : $M_f = 0,271$ PR

$M_t = 0,240$ PR

$V = 0,125$ P

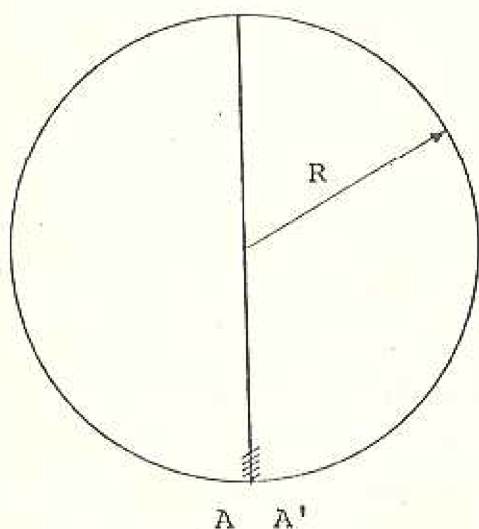
Ponto 5 : $M_f = 0,318$ PR

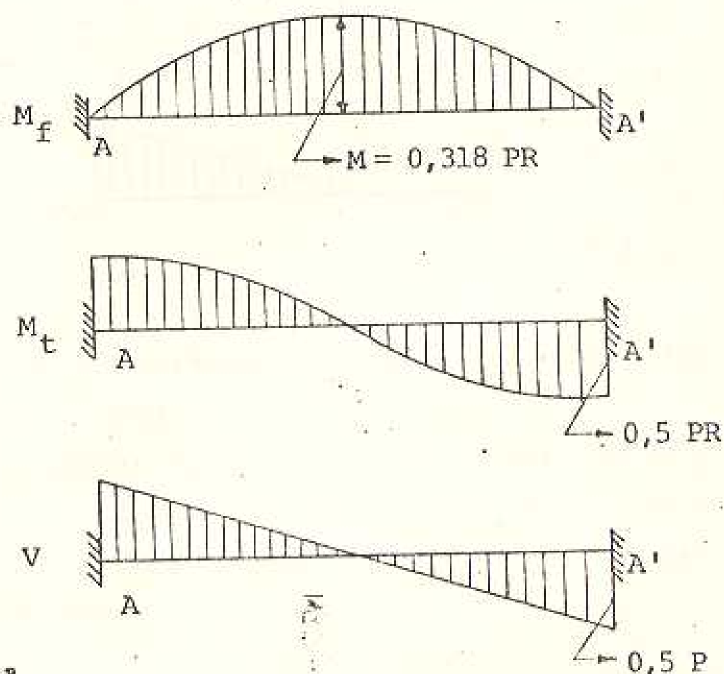
$M_t = 0,000$

$V = 0,000$

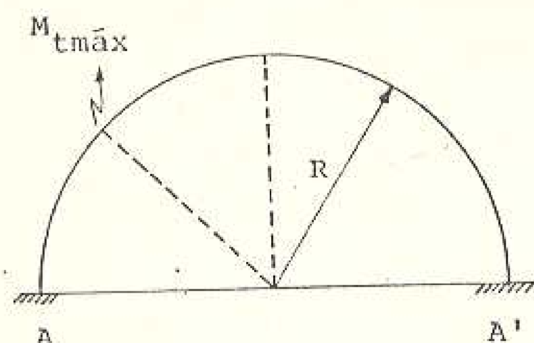
Retificando-se em projeção horizontal poderemos confeccionar os seguintes diagramas:

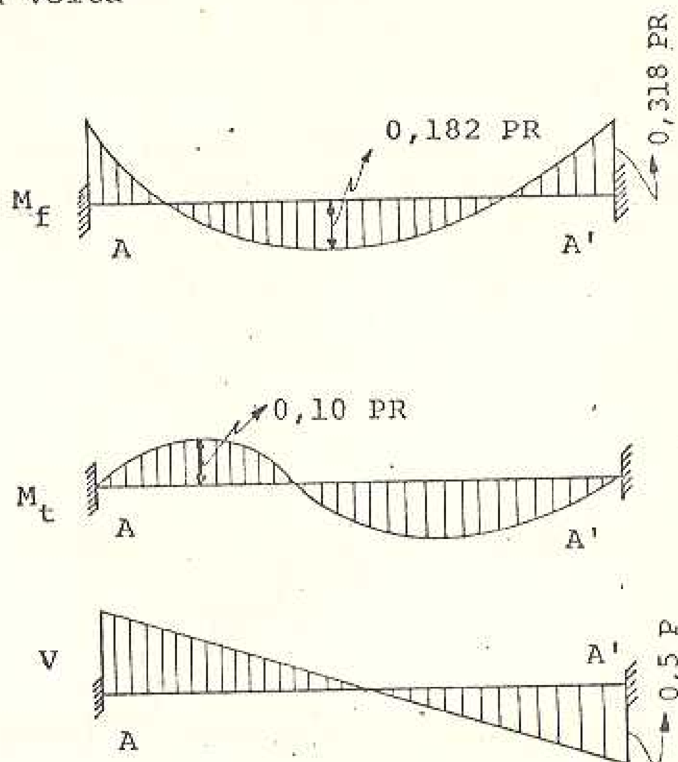
- Escada circular com uma volta



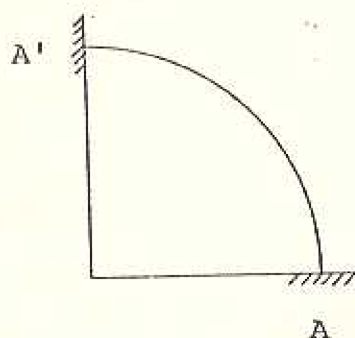


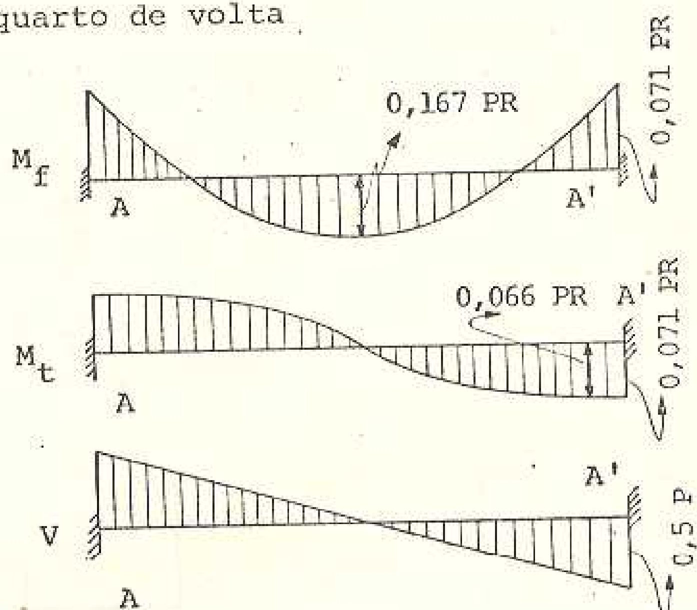
- Escada circular com meia volta





- Escada circular com um quarto de volta



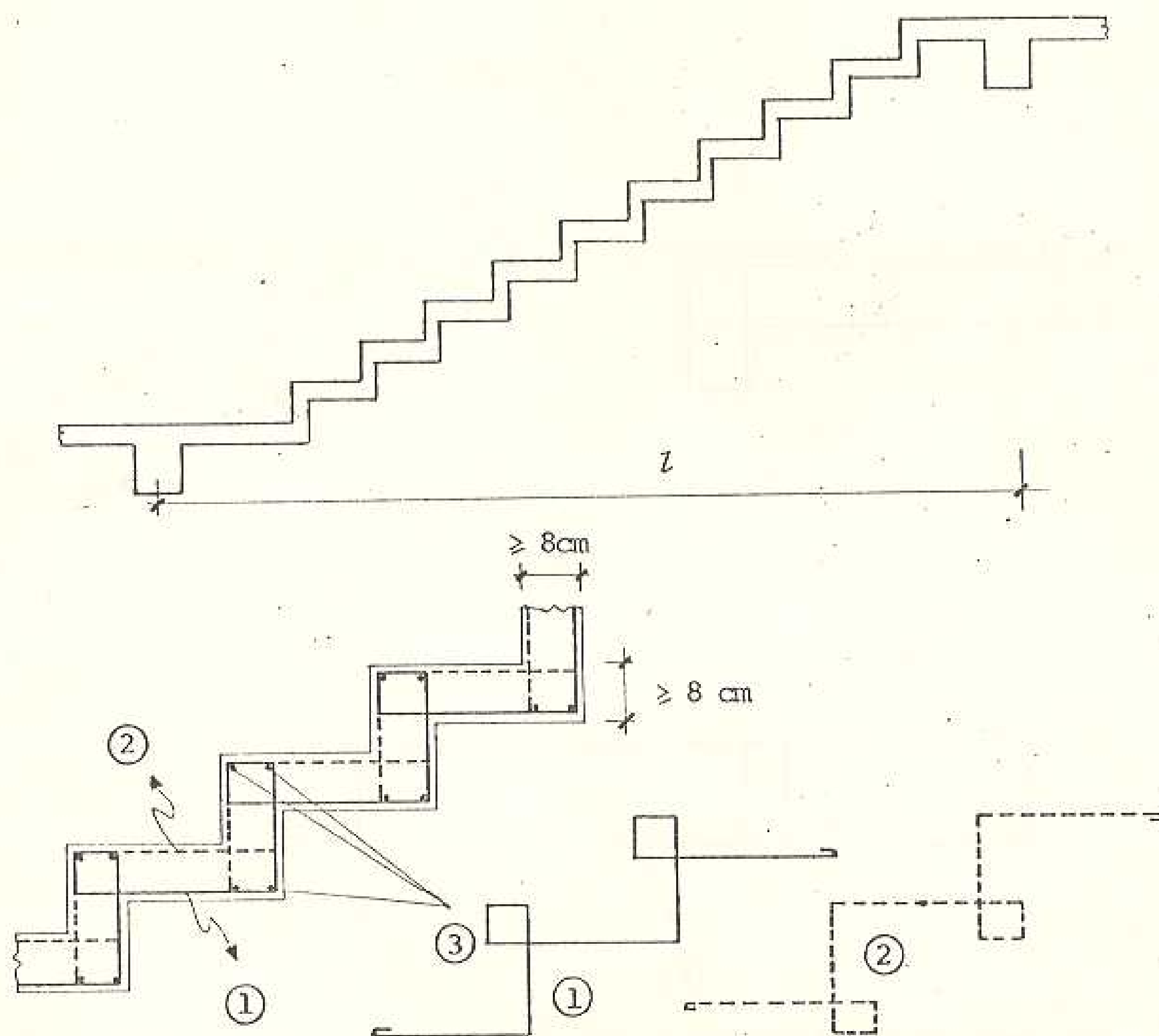


- Determinados os esforços solicitantes serão dimensionadas as peças pelos processos normais.
- Para o caso em que os degraus engastam por uma extremidade na viga, o momento de engastamento dos degraus transformam se em torsores na viga e seus efeitos serão acrescidos aos valores dos torsores calculado.

7.2.10 - Escadas com degraus engastados um a um (sem vigas ou laje lateral)

Quando não é possível viga lateral (arquitetura), a escada é calculada como uma laje armada numa direção (longitunal).

Os espelhos são calculados engastados nos pisos.



① - Armadura principal - calculada $M = \frac{ql^2}{8}$

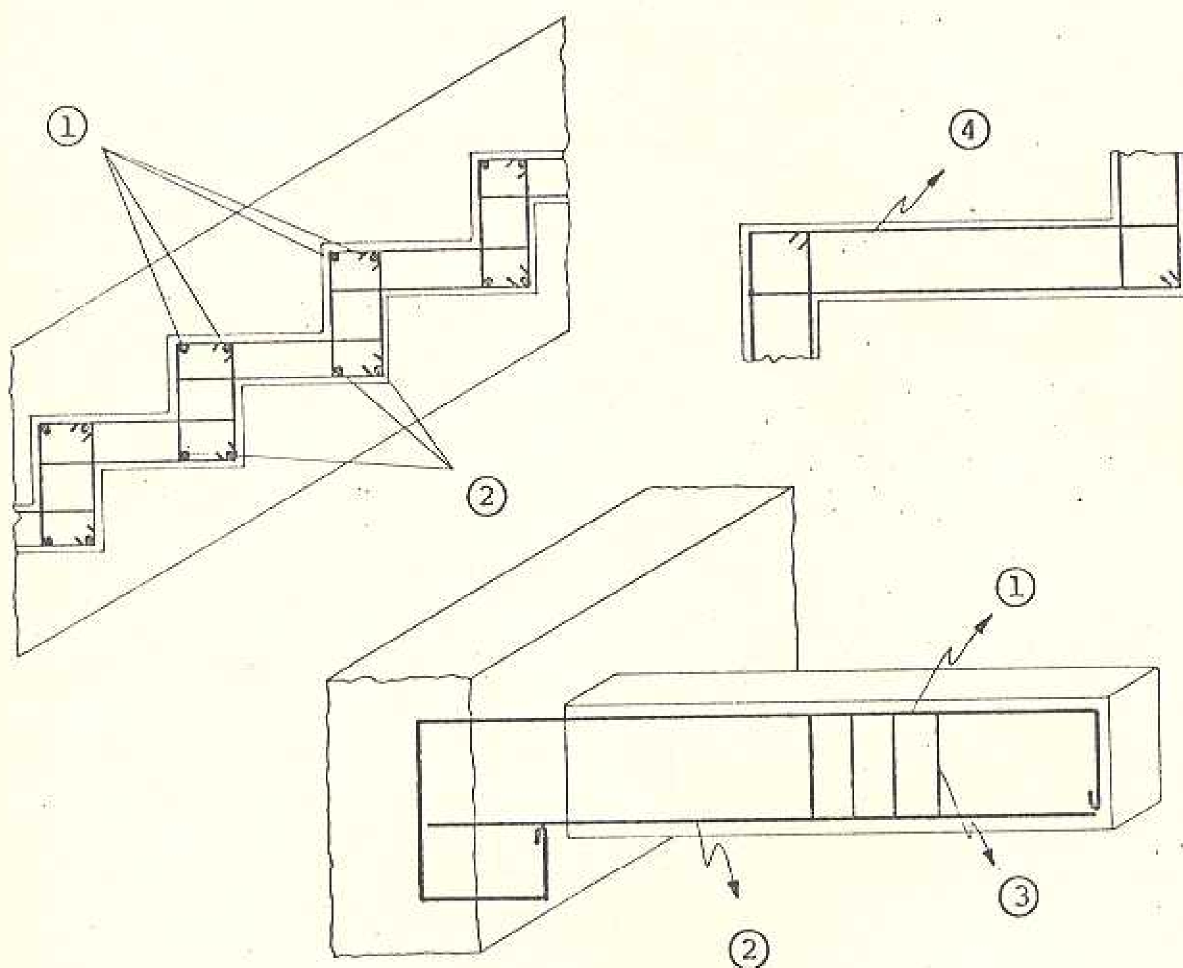
② - Armadura secundária - calculada

③ - Armadura de distribuição - Ø 4.2 mm

7.2.11 - Escadas com degraus engastados nos pisos com uma ou duas vigas laterais

1 - Caso de uma ou duas vigas laterais

- Os degraus são calculados como consolos (uma viga) ou como vigas simplesmente apoiadas (duas vigas)
- Os pisos são calculados como lajes armadas em uma direção
- A viga calculada a torção (uma viga) ou flexão (duas vigas)



① - Armadura principal do degrau (uma viga) ou secundária (duas vigas)

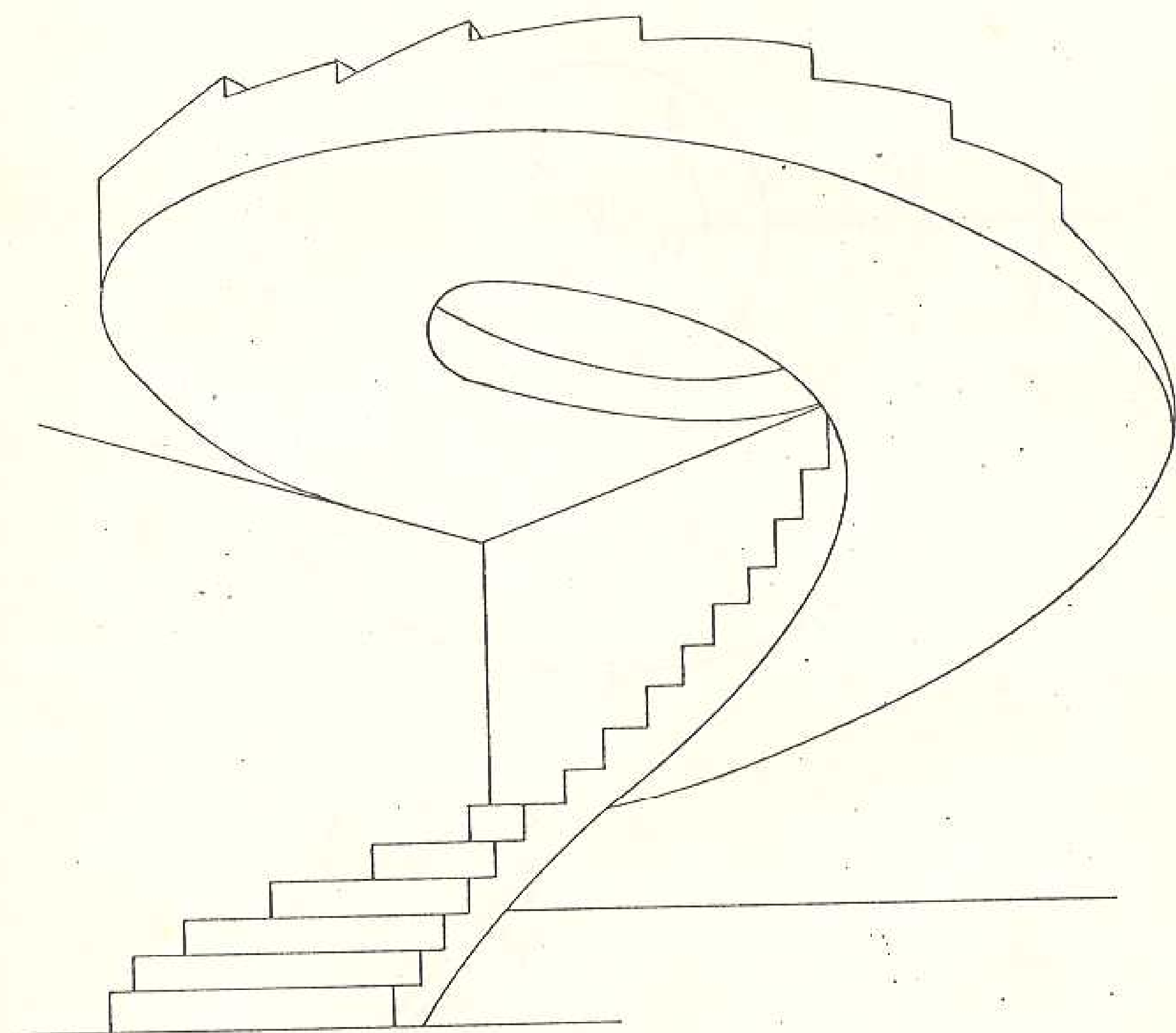
② - Armadura principal do degrau (duas vigas) ou secundária (uma viga)

③ - Estribos Ø 4.2 mm cada 10 cm, podendo ser calculada

④ - Armadura do piso - normalmente constituída por estribos.

OBS: Este tipo de estrutura, com duas vigas laterais, representa solução econômica para o cálculo de arquibancadas.

7.2.12 - Escada em laje helicoidal



- Escada em laje helicoidal

eixo da escada

b

e

φ_o

diâmetro interno

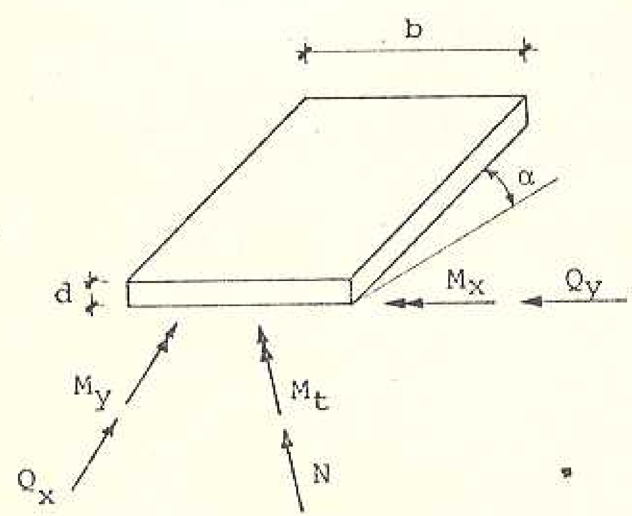
φ

r

φ_o

linha de carga

eixo da laje



$$e = \frac{b^2}{12r} = \text{constante}$$

Exemplo: Escada em laje helicoidal

Para - 2φ = 180º (abertura), q = 1.000 kg/m

b = 1,50 m h = 0,20 m r = 2,50 m

pé direito - 3,00 m CA - 50 A

Emprego tabela 2

Valores auxiliares

$$tg\alpha = passo/2\pi r = \frac{2 \times 3}{2\pi \times 2,5} = 0,381 \longrightarrow 0,4$$

$$a = \frac{h^2}{b^2} = \frac{J_x}{J_y} = \frac{0,2 \times 0,2}{1,5 \times 1,5} = 0,018 \longrightarrow 0,02$$

Esforços solicitantes

$$\varphi = \frac{\pi}{2} \quad \text{(pé)}$$

$$N = K_1 qr = 1,848 \times 1.000 \times 2,5 = 4.620 \text{ kg}$$

$$Q_x = k_2 qr = 0,952 \times 1.000 \times 2,5 = 2.380 \text{ kg}$$

$$Q_y = 0$$

$$M_t = k_3 qr^2 = 0,03 \times 1.000 \times 2,5^2 = - 187,50 \text{ kgm}$$

$$M_x = k_4 qr^2 = 0,204 \times 1.000 \times 2,5^2 = - 1.275,00 \text{ kgm}$$

$$M_y = k_5 qr^2 = 1,455 \times 1.000 \times 2,5^2 = - 9.093,75 \text{ kgm}$$

$\varphi = 0$ (centro)

$N = 0$

$Q_x = 0$

$Q_y = k_6 qr = -1,363 \times 1.000 \times 2,5 = -3407$ kg

$M_t = 0$

$M_x = k_7 qr^2 = -0,002 \times 1.000 \times 2,5^2 = -12,5$ kg.m

$M_y = 0$

$\varphi = \frac{\pi}{2}$ (topo)

$N = -k_1 qr = -1,848 \times 1.000 \times 2,5 = -4.620$ kg

$Q_x = -k_2 qr = -0,952 \times 1.000 \times 2,5 = -2.380$ kg

$Q_y = 0$

$M_t = -k_3 qr^2 = -0,03 \times 1.000 \times 2,5^2 = +187,50$ kg.m

$M_x = k_4 qr^2 = -0,204 \times 1.000 \times 2,5^2 = -1.275,00$ kg.m

$M_y = -k_5 qr^2 = -1,455 \times 1.000 \times 2,5^2 = +9.093,75$ kg.m

RESUMO

	N (kg)	Q_x (kg)	Q_y (kg)	M_t (kg.m)	M_x (kg.m)	M_y (kg.m)
Pé	4.620	2.380	0	- 187,50	- 1.275	- 9.093,75
Centro	0	0	- 3.407	0	- 12,5	0
Topo	- 4.620	- 2.380	0	+ 187,50	- 1.275	+ 9.093,75

- Colocação de ferragem

Para o esforço N $N = \pm 4.620$ kg

$$f \text{ (tensão no concreto)} = \frac{N}{bd} = \frac{4.620}{150 \times 20} = \pm 1,54 \text{ kg/cm}^2$$

- Para os esforços Q_x e Q_y

$Q_x = \pm 2.380$ kg $Q_y = - 3.407$ kg   f = I

- Para o torsor: $M_t = \pm 187,50$ kg.m $= \pm 1.875,00$ kg.cm

$$\tau_o = \Psi \frac{M_t}{b^2 d}$$ sendo

d [retângulo] b   b [retângulo] d

$$\Psi = 3 + \frac{2,6}{0,45 + \frac{d}{b}} = 3 + \frac{2,6}{0,45 + \frac{150}{20}} = 3,33$$

$$\tau_o = 3,33 \times \frac{18.750}{20 \times 20 \times 150} = 1,04 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_e = \frac{1,4\ T\ (b_1 + h_1)}{b_1\ h_1\ f_{yd}} = \frac{1,4 \times 18.750\ (145 + 15)}{145 \times 15 \times 4.000} = 0,482 \text{ cm}^2$$

$$S_e = \frac{140\ T}{2\ f_{yd}\ b_1\ h_1} = \frac{140 \times 18.750}{2 \times 4.000 \times 145 \times 15} = 0,15 \text{ cm}^2$$

- Para $M_x = - 1.275$ kg.m (tração no bordo superior da laje)

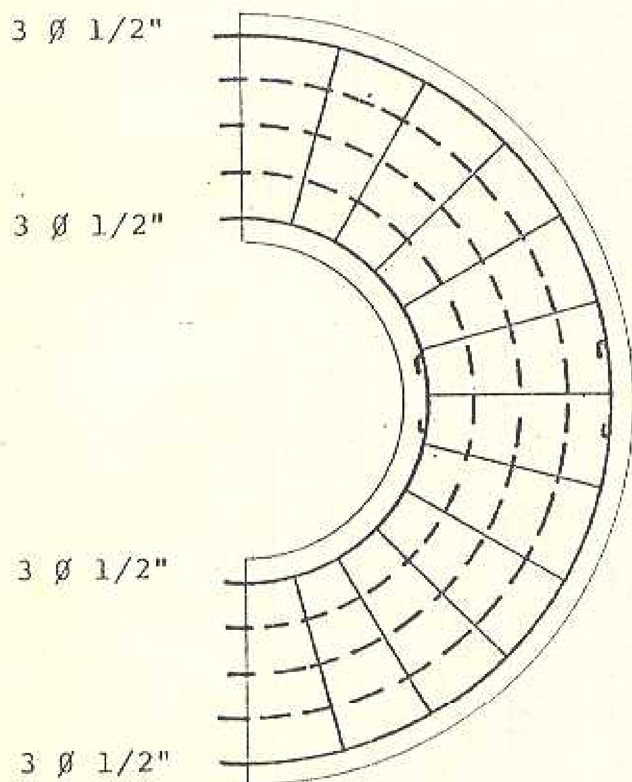
$$A_s = \frac{M_x \quad 1,4}{z\ f_{yd}} = \frac{1.275 \times 1,40}{0,87 \times 0,18 \times 4.000} = 2,85 \text{ cm}^2$$ 9 Ø 1/4 CA-50

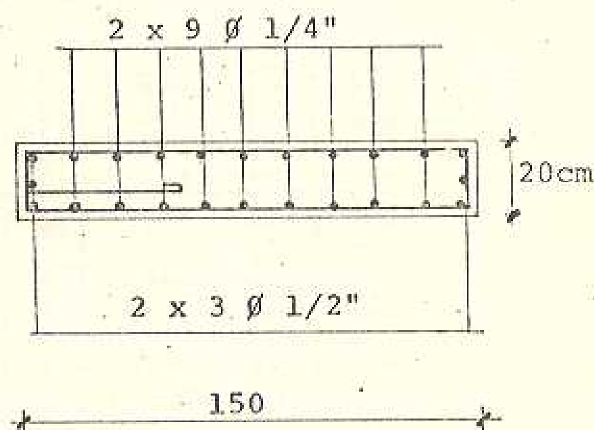
- Para $M_y = \pm 9093,75$ kg.m (tração no bordo interior na metade superior da escada e tração no bordo exterior na parte inferior da escada.

$$A_s = \frac{M_y}{z\ f_{yd}} = \frac{9.093,75 \times 1,4}{0,87 \times 1,50 \times 4.000} = 2,44\ cm^2 \text{ ou } 2\ \emptyset\ 1/2$$

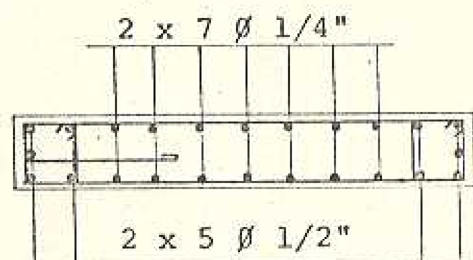
No caso achamos conveniente adotar coeficiente de segurança igual a 1,5 isto é, $A_s = 2,44 \times 1,5 = 3,66\ cm^2$ ou 3 Ø 1/2 ' CA-50.

- Os estribos devem ser ancorados de modo a impedir que a armadura tracionada no bordo interior com tendência a se retificar (sem encontrar massa de concreto) se destaque do concreto.

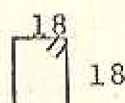


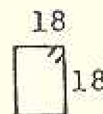


Estribos - 5mm c.20cm



Preferível





Ø 5.0mm c. 20 cm

ESFORÇOS SOLICITANTES EM PEÇAS HELICOIDAIS BI-ENGASTADAS COM ABERTURA DE 90º

FÓRMULAS	REGRAS DE SINAIS
	Esforços positivos quando
tg α = passo/2πr	N Comprimem
a = J_x/J_y = d2/b2	Q_x Para cima
R_a = K_p = Q_x . cos α + N sen α (Reações)	Q_y Para o centro (radial)
d = espessura da peça	M_t Gira no mesmo sentido do passo
b = largura da peça	M_x Traciona bordo inferior
r = raio do eixo da peça	M_y Traciona bordo interno
q = carga por meio linear	

ESFORÇOS SOLICITANTES PARA

φ = π/4 (Pé)	φ = zero (centro)	φ = − π/4 (Tôpo)
N = K_1 qr	N = zero	N = − K_1 qr
Q_x = K_2 "	Q_x = "	Q_x = − K_2 "
Q_y = K_3 "	Q_y = K_7 . q.r	Q_y = K_3 "
M_t = K_4 qr2	M_t = zero	M_t = − K_4 qr2
M_x = K_5 "	M_x = K_8 qr2	M_x = K_5 "
M_y = K_6 "	M_y = zero	M_y = − K_6 "

tg α \ a		0,005	0,010	0,020	0,040	0,060	0,80	0,100	0,120
Zero		K_1 = K_3 = K_6 = K_7 = = Zero		K_2 = 0,786	K_4 = −0,041		K_5 = − 0,233	K_8 = 0,110	
0,30	K 1	0,358	− 0,294	0,175	0,035	− 0,057	−0,132	− 0,176	− 0,209
	2	0,711	0,724	0,768	0,809	0,836	0,859	0,872	0,882
	3	− 0,138	− 0,071	0,053	0,200	0,296	0,374	0,420	0,455
	4	0,318	0,324	0,265	0,200	0,157	0,126	0,106	0,096
	5	− 0,615	− 0,601	− 0,561	− 0,517	− 0,490	− 0,473	− 0,459	− 0,465
	6	− 0,248	− 0,171	− 0,023	0,149	0,262	0,362	0,407	0,446
	7	− 0,195	− 0,100	0,075	0,283	0,419	0,529	0,594	0,644
	8	− 0,177	− 0,435	− 0,336	− 0,296	− 0,153	− 0,105	− 0,068	− 0,052
0,35	K 1	0,635	0,435	0,157	− 0,074	− 0,189	0,253	− 0,303	− 0,332
	2	0,610	0,689	0,778	0,850	0,899	0,922	0,939	0,953
	3	− 0,397	− 0,186	− 0,109	− 0,354	− 0,476	0,544	0,597	0,627
	4	− 0,031	− 0,029	− 0,024	− 0,021	− 0,024	− 0,024	− 0,024	− 0,024
	5	− 0,159	− 0,206	− 0,262	− 0,317	− 0,340	− 0,357	− 0,367	− 0,372
	6	− 0,409	− 0,185	− 0,125	0,384	0,513	0,584	0,610	0,674
	7	− 0,569	− 0,219	0,134	0,496	0,669	0,769	0,837	0,887
	8	0,058	0,078	0,105	0,128	0,142	0,147	0,151	0,158
0,40	K 1	0,869	0,528	0,181	− 0,104	− 0,228	− 0,296	− 0,342	− 0,373
	2	0,498	0,635	0,773	0,887	0,937	0,964	0,982	0,994
	3	− 0,622	− 0,255	0,119	0,426	0,560	0,634	0,683	0,716
	4	− 0,029	− 0,028	− 0,028	− 0,024	− 0,023	− 0,023	− 0,023	− 0,023
	5	− 0,104	− 0,186	− 0,272	− 0,346	− 0,377	− 0,395	− 0,409	− 0,414
	6	− 0,658	− 0,264	0,139	0,467	0,611	0,693	0,743	0,779
	7	− 0,880	− 0,350	0,169	0,609	0,792	0,897	0,965	1,013
	8	0,020	0,063	0,108	0,140	0,155	0,162	0,168	0,172
0,45	K 1	1,290	0,674	0,181	− 0,116	− 0,272	− 0,333	− 0,389	− 0,407
	4	0,285	0,550	0,783	0,929	0,985	1,015	1,044	1,046
	9	− 1,018	− 0,385	− 0,152	0,511	0,652	0,725	0,771	0,850
	4	− 0,025	− 0,024	− 0,022	− 0,022	− 0,022	− 0,022	− 0,022	− 0,021
		0,024	− 0,118	− 0,288	− 0,385	− 0,430	− 0,446	− 0,419	− 0,458
	6	− 1,140	− 0,410	0,178	0,574	0,726	0,836	0,850	0,888
		− 1,483	− 0,544	0,215	0,727	0,922	1,025	1,090	1,132
	8	− 0,052	0,035	0,108	0,152	0,172	0,184	0,190	0,192
0,50	K 1	3,025	0,985	0,165	− 0,210	− 0,326	− 0,397	− 0,420	− 0,444
	2	− 0,638	0,385	0,797	0,985	1,043	1,074	1,093	1,102
	3	− 2,991	− 0,708	0,211	0,629	0,759	0,827	0,864	0,891
	4	− 0,071	− 0,031	− 0,025	− 0,021	− 0,019	− 0,018	− 0,018	− 0,018
	5	0,619	− 0,037	− 0,307	− 0,131	− 0,469	− 0,489	− 0,501	− 0,509
	6	− 3,319	− 0,774	0,428	0,714	0,859	0,935	0,976	1,006
	7	− 4,233	− 1,002	− 0,208	− 0,803	− 1,073	− 1,170	1,222	1,260
	8	− 0,320	− 0,007	0,123	0,183	0,198	0,208	0,212	0,215
0,55	K 1	− 4,969	2,264	0,109	− 0,290	− 0,387	− 0,432	− 0,457	− 0,473
	2	3,645	− 0,419	0,834	1,057	1,111	1,136	1,149	1,159
	3	6,108	− 2,153	0,108	0,764	0,875	0,926	0,951	0,974
	4	0,066	− 0,087	− 0,032	− 0,023	− 0,020	− 0,018	− 0,018	− 0,018
	5	− 2,304	− 0,505	− 0,344	− 0,488	− 0,527	− 0,544	− 0,552	− 0,558
	6	6,912	− 2,107	0,370	0,885	1,099	1,067	1,099	1,120
	7	8,650	− 3,045	0,476	1,080	1,238	1,310	1,350	1,377
	8	0,915	− 0,165	− 0,158	0,218	0,230	0,237	0,242	0,245
0,60	K 1	− 0,815	− 1,465	− 0,106	− 0,424	− 0,469	− 0,480	− 0,500	− 0,508
	2	1,155	1,797	0,981	1,172	1,199	1,211	1,217	1,224
	3	1,517	2,181	0,597	0,967	1,019	1,013	1,056	1,061
	4	0,015	0,108	− 0,067	− 0,028	− 0,020	− 0,018	− 0,017	− 0,016
	5	− 0,844	− 1,148	− 0,180	− 0,575	− 0,600	− 0,611	− 0,617	− 0,629
	6	1,719	2,181	0,736	1,111	1,202	1,222	1,232	1,253
	7	1,115	3,085	0,814	1,368	1,112	1,475	1,494	1,504
	8	0,272	0,272	0,272	0,272	0,272	0,272	0,272	0,272
0,65	K 1	− 0,365	− 0,261	− 2,071	− 0,612	− 0,562	− 0,548	− 0,539	− 0,534
	2	1,167	1,106	2,280	1,344	1,302	1,292	1,287	1,284
	3	0,944	0,822	2,076	1,240	1,181	1,162	1,152	1,145
	4	− 0,021	− 0,023	0,017	− 0,012	− 0,012	− 0,011	− 0,011	− 0,011
	5	− 0,598	− 0,551	− 1,429	− 0,734	− 0,760	− 0,694	− 0,689	− 0,685
	6	1,126	0,994	3,517	1,385	1,445	1,394	1,462	1,474
	7	1,330	1,152	4,210	1,754	1,670	1,641	1,643	1,680
	8	0,268	0,253	0,568	0,312	0,302	0,298	0,290	0,296

TABELA 2

ESFORÇOS SOLICITANTES EM PEÇAS HELICOIDAIS BIENGASTADAS COM ABERTURA DE 180°

FÓRMULAS	REGRAS DE SINAIS
$tg\ \alpha$ = passo/$2\pi r$	Esforços positivos quando:
a = J_y/J_p = d^2/h^2	N — Compressão
R_o = R_6 = Q_x . cos α + N sen α (Reações)	Q_x — Para cima
d = espessura da peça	Q_y — Para o centro (radial)
h = largura da peça	M_t — Gira no mesmo sentido do passo
r = raio do eixo da peça	M_x — Traciona bordo inferior
q = carga por metro linear	M_y — Traciona bordo interno

ESFORÇOS SOLICITANTES PARA

$\varphi = \pi/2$ (Pé)	φ = zero (centro)	$\varphi = -\pi/2$ (Topo)
N = K_1 qr	N = zero	N = $-K_1$ qr
Q_x = K_2 "	Q_x = "	Q_x = $-K_2$ "
Q_y = zero	Q_y = K_6 . q . r	Q_y = zero "
M_t = K_3 qr^2	M_t = zero	M_t = $-K_3$ qr^2
M_x = K_4 "	M_x = K_7 qr^2	M_x = K_4 "
M_y = K_5 "	M_y = zero	M_y = $-K_5$ "

tg α \ a	K	0,005	0,010	0,020	0,040	0,060	0,080	0,100	0,120
Zero		$K_1 = K_5 = K_6$ = Zero			K_2 = 1,571	K_3 = 0,211	K_4 = −1,000		K_7 = − 0,267
0,30	K 1	2,000	1,963	1,745	1,511	1,349	1,228	1,136	1,064
	2	1,036	1,065	1,113	1,183	1,232	1,268	1,296	1,318
	3	0,004	0,015	0,037	0,069	0,090	0,107	0,120	0,107
	4	− 0,298	− 0,315	− 0,423	− 0,518	− 0,618	− 0,678	− 0,723	− 0,755
	5	− 1,688	− 1,587	− 1,421	− 1,175	− 1,005	− 0,878	− 0,782	− 0,706
	6	− 1,618	− 1,518	− 1,352	− 1,108	− 0,938	− 0,812	− 0,715	− 0,640
	7	0,020	0,038	0,066	0,105	0,135	0,154	0,170	0,183
0,35	K 1	2,040	1,953	1,813	1,596	1,442	1,328	1,237	1,166
	2	0,950	0,984	1,030	1,106	1,160	1,200	1,231	1,245
	3	− 0,034	− 0,018	0,003	0,036	0,060	0,077	0,094	0,091
	4	− 0,174	− 0,225	− 0,306	− 0,433	− 0,523	− 0,589	− 0,612	− 0,684
	5	− 1,695	− 1,603	− 1,453	− 1,221	− 1,056	− 0,934	− 0,837	− 0,762
	6	− 1,610	− 1,518	− 1,370	− 1,140	− 0,977	− 0,856	− 0,760	− 0,684
	7	− 0,018	− 0,002	0,028	0,074	0,105	0,130	0,148	0,162
0,40	K 1	2,017	1,973	1,818	1,653	1,511	1,403	1,316	1,246
	2	0,873	0,902	0,952	1,030	1,087	1,130	1,165	1,193
	3	− 0,064	− 0,051	− 0,030	0,005	0,029	0,044	0,061	0,073
	4	− 0,069	− 0,119	− 0,204	− 0,336	− 0,432	− 0,505	− 0,564	0,612
	5	− 1,672	− 1,592	− 1,455	− 1,243	− 1,088	− 0,969	− 0,875	− 0,798
	6	− 1,578	− 1,498	− 1,363	− 1,153	− 1,000	− 0,881	− 0,790	− 0,711
	7	− 0,050	− 0,033	− 0,002	0,044	0,080	0,110	0,130	0,147
0,45	K 1	2,032	1,968	1,862	1,690	1,558	1,460	1,378	1,314
	2	0,808	0,837	0,885	0,962	1,022	1,066	1,103	1,133
	3	− 0,089	− 0,075	− 0,054	− 0,024	0,007	0,022	0,036	0,050
	4	− 0,015	− 0,035	− 0,118	− 0,250	− 0,353	− 0,429	− 0,492	− 0,545
	5	− 1,628	− 1,557	− 1,439	− 1,247	− 1,101	− 0,959	− 0,897	− 0,823
	6	− 1,520	− 1,450	− 1,331	− 1,145	− 1,000	− 0,892	− 0,803	− 0,729
	7	− 0,076	− 0,060	− 0,030	0,018	0,053	0,085	0,110	0,127
0,50	K 1	2,014	1,960	1,862	1,710	1,590	1,496	1,419	1,361
	2	0,748	0,775	0,824	0,900	0,960	1,007	1,046	1,076
	3	− 0,112	− 0,101	− 0,079	− 0,048	− 0,019	0,001	0,018	0,029
	4	0,091	− 0,014	− 0,042	− 0,176	− 0,282	− 0,364	− 0,431	− 0,482
	5	− 1,583	− 1,521	− 1,410	− 1,235	− 1,098	− 0,972	− 0,904	− 0,837
	6	− 1,465	− 1,405	− 1,295	− 1,125	− 0,990	− 0,886	− 0,800	− 0,735
	7	− 0,098	− 0,080	− 0,050	Zero	0,035	0,065	0,090	0,110
0,55	K 1	1,985	1,948	1,856	1,721	1,614	1,531	1,460	1,401
	2	0,070	0,726	0,772	0,846	0,905	0,950	0,989	1,022
	3	− 0,126	− 0,114	− 0,093	− 0,065	− 0,039	− 0,022	− 0,004	0,010
	4	0,151	0,105	0,023	− 0,110	− 0,215	− 0,297	− 0,366	− 0,425
	5	− 1,530	− 1,476	− 1,380	− 1,220	− 1,094	− 0,996	− 0,914	− 0,844
	6	− 1,402	− 1,348	− 1,254	− 1,100	− 0,978	− 0,883	− 0,803	− 0,735
	7	− 0,117	− 0,101	− 0,072	− 0,020	0,018	0,050	0,073	0,095
0,60	K 1	1,956	1,915	1,844	1,724	1,629	1,550	1,488	1,439
	2	0,637	0,682	0,724	0,796	0,853	0,901	0,938	0,971
	3	− 0,137	− 0,125	− 0,109	− 0,078	− 0,057	− 0,033	− 0,019	− 0,004
	4	0,202	0,156	0,079	− 0,053	− 0,158	− 0,244	− 0,313	− 0,373
	5	− 1,479	− 1,430	− 1,343	− 1,199	− 1,082	− 0,989	− 0,913	− 0,846
	6	− 1,338	− 1,290	− 1,208	− 1,068	− 0,957	− 0,865	− 0,792	− 0,728
	7	− 0,133	− 1,118	− 0,088	− 0,040	− 0,002	0,020	0,057	0,080
0,65	K 1	1,925	1,880	1,828	1,722	1,646	1,566	1,505	1,458
	2	0,624	0,646	0,687	0,756	0,811	0,857	0,896	0,927
	3	− 0,143	− 0,135	− 0,119	− 0,081	− 0,067	− 0,047	− 0,033	− 0,019
	4	− 0,241	0,190	0,122	− 0,006	− 0,110	− 0,196	− 0,270	− 0,328
	5	− 1,427	− 1,384	− 1,305	− 1,173	− 1,065	− 0,978	− 0,902	− 0,814
	6	−1,274	− 1,233	− 1,158	− 1,032	− 0,930	− 0,846	− 0,774	− 0,717
	7	− 0,146	−0,129	− 0,101	− 0,052	− 0,014	0,018	0,047	0,067

TABELA 3

ESFORÇOS SOLICITANTES EM PEÇAS HELICOIDAIS BI-ENGASTADAS COM ABERTURA DE 270°

FÓRMULAS	REGRAS DE SINAIS
$tg\ \alpha$ = passo/$2\pi r$	Esforços positivos quando
a = J_x/J_y = d^2/b^2	N — Comprimem
R_a = R_b = Q_x . cos α + N sen α (Reações)	Q_x — Para cima
d = espessura da peça	Q_y — Para o centro (radial)
b = largura da peça	M_t — Gira no mesmo sentido do passo
r = raio do eixo da peça	M_x — Traciona bordo inferior
q = carga por metro linear	M_y — Traciona bordo interno

ESFORÇOS SOLICITANTES PARA

$\varphi = 3/4\ \pi$ (P6)	$\varphi = \pi/2$	$\varphi = 0$ (centro)	$\varphi = -3/4\ \pi$
N = K_1 qr	N = K_7 qr	N = zero	N = $-K_1$ qr
Q_x = K_2 "	Q_x = desnecessário	Q_x = "	Q_x = $-K_2$ "
Q_y = K_3 "	Q_y = zero	Q_y = K_{11} . qr	Q_y = K_3 "
M_t = K_4 qr^2	M_t = K_8 qr^2	M_t = zero	M_t = $-K_4$ qr^2
M_x = K_5 "	M = K_9	M_x = K_{12} qr^2	M_x = K_5 "
M_y = K_6 "	M_y = K_{10}	M_y = zero	M_y = $-K_6$ "

tg α \ a	K	0,005	0,010	0,020	0,040	0,060	0,080	0,100	0,120
Zero		$K_1 = K_3 = K_6 = K_7 = K_{10} = K_{11}$ = Zero		$K_2 = 2,356$	$K_4 = 1,541$	$K_5 = -1,875$	$K_8 = 0,419$	$K_9 = -1,000$	$K_{12} = 0,093$
0,30	K 1	2,207	2,168	2,092	1,965	1,857	1,766	1,684	1,619
	2	1,791	1,803	1,826	1,864	1,897	1,924	1,948	1,968
	3	1,598	1,555	1,478	1,345	1,232	1,137	1,053	0,981
	4	0,088	0,123	0,188	0,295	0,383	0,466	0,535	0,591
	5	− 0,576	− 0,613	− 0,680	− 0,795	− 0,892	− 0,974	− 1,045	− 1,107
	6	− 1,696	− 1,661	− 1,599	− 1,493	− 1,403	− 1,327	− 1,260	− 1,205
	7	2,814	2,556	2,451	2,274	2,118	1,990	1,877	1,782
	8	− 0,022	− 0,013	0,002	0,028	0,050	0,070	0,086	0,099
	9	0,007	− 0,022	− 0,074	− 0,162	− 0,238	− 0,301	− 0,357	− 0,404
	10	− 2,351	− 2,290	− 2,180	− 1,992	− 1,831	− 1,698	− 1,579	− 1,480
	11	− 2,260	− 2,200	− 2,090	− 1,902	− 1,742	− 1,608	− 1,490	− 1,390
	12	− 0,146	− 0,137	− 0,120	− 0,090	− 0,065	− 0,045	− 0,027	− 0,019
0,15	K 1	2,147	2,117	2,066	1,969	1,887	1,814	1,748	1,694
	2	1,744	1,755	1,773	1,807	1,835	1,861	1,851	1,933
	3	1,449	1,418	1,363	1,260	1,174	1,096	1,027	0,909
	4	0,015	0,045	0,096	0,192	0,271	0,341	0,406	0,458
	5	− 0,530	− 0,532	− 0,580	− 0,672	− 0,781	− 0,862	− 0,932	− 0,992
	6	− 1,511	− 1,518	− 1,478	− 1,412	− 1,339	− 1,281	− 1,230	− 1,188
	7	2,455	2,413	2,340	2,202	2,087	1,983	1,891	1,813
	8	− 0,043	− 0,036	− 0,025	− 0,004	0,015	0,029	0,043	0,055
	9	0,068	0,043	Zero	− 0,080	− 0,147	− 0,207	− 0,261	− 0,306
	10	− 2,158	− 2,113	− 2,034	− 1,887	− 1,764	− 1,653	− 1,554	− 1,471
	11	− 2,050	− 2,005	− 1,928	− 1,783	− 1,660	− 1,550	− 1,452	− 1,379
	12	− 0,162	− 0,153	− 0,137	− 0,109	− 0,085	− 0,062	− 0,043	− 0,026
0,10	K 1	2,105	2,083	2,043	1,971	1,905	1,846	1,794	1,744
	2	1,694	1,703	1,719	1,748	1,774	1,798	1,819	1,838
	3	1,327	1,303	1,260	1,183	1,111	1,018	0,994	0,949
	4	− 0,049	− 0,023	0,022	0,099	0,172	0,236	0,294	0,347
	5	− 0,418	− 0,466	− 0,516	− 0,609	− 0,693	− 0,769	− 0,836	− 0,895
	6	− 1,408	− 1,394	− 1,365	− 1,312	− 1,265	− 1,222	− 1,185	− 1,150
	7	2,325	2,293	2,237	2,138	2,012	1,958	1,854	1,817
	8	− 0,065	− 0,056	− 0,046	− 0,032	− 0,017	− 0,005	0,007	0,019
	9	0,121	0,090	0,061	− 0,008	− 0,071	− 0,128	− 0,178	− 0,223
	10	− 1,996	− 1,961	− 1,900	− 1,788	− 1,695	− 1,593	− 1,512	− 1,439
	11	− 1,877	− 1,843	− 1,782	− 1,673	− 1,572	− 1,482	− 1,402	− 1,339
	12	− 0,172	− 0,165	− 0,151	− 0,122	− 0,098	− 0,075	− 0,056	− 0,040

TABELA 3 (*continuação*)

ESFORÇOS SOLICITANTES EM PEÇAS HELICOIDAIS BI-ENGASTADAS COM ABERTURA DE 270°

tg α \ a	K	0,005	0,010	0,020	0,040	0,060	0,080	0,100	0,120
Zero		$K_1 = K_3 = K_6 = K_7 = K_{10} = K_{11}$ = Zéro		K_2 = 2,356	K_4 = 1,541	K_5 = −1,875	K_8 = 0,449	K_9 = −1,060	K_{12} = 0,093
0,45	K 1	2,072	2,058	2,026	1,969	1,921	1,872	1,830	1,792
	2	1,651	1,657	1,672	1,697	1,719	1,741	1,760	1,777
	3	1,210	1,195	1,159	1,097	1,044	0,991	0,945	0,901
	4	− 0,087	− 0,074	− 0,032	0,036	0,094	0,151	0,204	0,219
	5	− 0,398	− 0,420	− 0,466	− 0,551	− 0,624	− 0,695	− 0,759	− 0,817
	6	− 1,290	− 1,279	− 1,259	− 1,221	− 1,190	− 1,157	− 1,129	− 1,105
	7	2,206	2,187	2,112	2,061	1,993	1,925	1,865	1,811
	8	− 0,071	− 0,070	− 0,061	− 0,049	− 0,039	− 0,028	− 0,022	− 0,014
	9	0,150	0,137	0,099	0,037	− 0,016	− 0,069	− 0,115	− 0,157
	10	− 1,845	− 1,822	− 1,772	− 1,680	− 1,603	− 1,526	− 1,457	− 1,395
	11	− 1,711	− 1,690	− 1,640	− 1,552	− 1,477	− 1,402	− 1,337	− 1,277
	12	− 0,182	− 0,172	− 0,160	0,133	− 0,110	− 0,088	− 0,067	− 0,048
0,50	K 1	2,052	2,040	2,016	1,973	1,928	1,896	1,859	1,826
	2	1,606	1,612	1,621	1,640	1,668	1,684	1,703	1,719
	3	1,116	1,102	1,075	1,027	0,977	0,940	0,899	0,863
	4	− 0,123	− 0,106	− 0,075	− 0,018	0,041	0,081	0,139	0,174
	5	− 0,363	− 0,384	− 0,426	− 0,500	− 0,576	− 0,615	− 0,698	− 0,755
	6	− 1,186	− 1,180	− 1,165	− 1,139	− 1,111	− 1,094	− 1,072	− 1,052
	7	2,115	2,097	2,063	2,002	1,940	1,893	1,841	1,795
	8	− 0,082	− 0,080	− 0,075	− 0,067	− 0,057	− 0,055	− 0,047	− 0,049
	9	− 0,180	0,165	0,135	− 0,081	0,026	− 0,015	− 0,060	− 0,101
	10	− 1,724	− 1,703	− 1,662	− 1,590	− 1,518	− 1,460	− 1,400	− 1,315
	11	− 1,578	− 1,558	− 1,520	− 1,452	− 1,382	− 1,330	− 1,272	− 1,229
	12	− 0,187	− 0,180	− 0,166	− 0,140	− 0,117	− 0,094	− 0,073	− 0,055
0,55	K 1	2,040	2,029	2,099	1,976	1,941	1,911	1,881	1,855
	2	1,566	1,572	1,583	1,601	1,621	1,637	1,653	1,668
	3	1,032	1,019	0,997	0,959	0,919	0,885	0,851	0,822
	4	− 0,143	− 0,127	− 0,100	− 0,054	− 0,002	0,040	0,081	0,119
	5	− 0,337	− 0,357	− 0,398	− 0,402	− 0,530	− 0,590	− 0,648	− 0,709
	6	− 0,100	− 1,084	− 1,083	− 1,065	− 1,047	− 1,032	− 1,016	− 1,002
	7	2,037	2,021	1,993	1,947	1,897	1,855	1,813	1,776
	8	− 0,087	− 0,084	− 0,081	− 0,076	− 0,069	− 0,064	− 0,059	− 0,055
	9	0,203	0,187	0,160	0,114	0,065	0,023	− 0,019	− 0,055
	10	− 1,619	− 1,600	− 1,565	− 1,507	− 1,446	− 1,394	− 1,342	− 1,296
	11	− 1,460	− 1,442	− 1,410	− 1,357	− 1,300	− 1,252	− 1,204	− 1,162
	12	− 0,192	− 0,186	− 0,172	− 0,148	− 0,125	− 0,103	− 0,083	− 0,065
0,60	K 1	2,034	2,026	2,012	1,983	1,955	1,931	1,906	1,886
	2	1,520	1,531	1,539	1,557	1,573	1,588	1,602	1,615
	3	0,958	0,949	0,932	0,898	0,865	0,848	0,808	0,785
	4	− 0,167	− 0,148	− 0,128	− 0,083	− 0,041	− 0,006	0,034	0,063
	5	− 0,317	− 0,324	− 0,367	− 0,432	− 0,494	− 0,548	− 0,603	− 0,651
	6	− 1,024	− 1,018	− 1,011	− 0,998	− 0,986	− 0,974	− 0,964	− 0,951
	7	1,971	1,960	1,940	1,898	1,859	1,826	1,790	1,761
	8	− 0,092	− 0,090	− 0,088	− 0,086	− 0,083	− 0,079	− 0,074	− 0,073
	9	0,218	0,206	0,184	0,138	0,094	0,057	0,018	0,014
	10	− 1,526	− 1,511	− 1,485	− 1,430	− 1,380	− 1,336	− 1,290	− 1,251
	11	− 1,355	− 1,342	− 1,318	− 1,270	− 1,224	− 1,185	− 1,143	− 1,174
	12	− 0,195	− 0,189	− 0,176	− 0,152	− 0,130	− 0,108	− 0,089	− 0,070
0,65	K 1	2,032	2,026	2,013	1,990	1,967	1,948	1,927	1,908
	2	1,491	1,495	1,501	1,519	1,533	1,546	1,559	1,572
	3	0,892	0,885	0,870	0,841	0,811	0,791	0,767	0,711
	4	− 0,167	− 0,157	− 0,136	− 0,097	− 0,062	− 0,032	− 0,001	0,032
	5	− 0,304	− 0,318	− 0,319	− 0,400	− 0,466	− 0,518	− 0,560	− 0,616
	6	− 0,955	− 0,952	− 0,949	− 0,940	− 0,931	− 0,932	− 0,915	− 0,908
	7	1,916	1,907	1,889	1,855	1,824	1,794	1,767	1,740
	8	− 0,093	− 0,092	− 0,090	− 0,088	− 0,086	0,085	− 0,083	− 0,081
	9	0,230	0,220	0,197	0,156	0,117	0,081	0,049	0,016
	10	− 1,440	− 1,431	− 1,410	− 1,363	− 1,320	− 1,280	− 1,240	− 1,204
	11	− 1,262	− 1,252	− 1,230	− 1,190	− 1,152	− 1,119	− 1,085	− 1,054
	12	− 0,197	− 0,191	− 0,181	− 0,167	− 0,146	− 0,114	− 0,093	− 0,075

TABELA 4

ESFORÇOS SOLICITANTES EM PEÇAS HELICOIDAIS BIENGASTADAS COM ABERTURA DE 360°

FÓRMULAS	REGRAS DE SINAIS
$\operatorname{tg} \alpha$ = passo/$2\pi r$	Esforços positivos quando
$s = J_x/J_y = d^2/b^2$	N — Compressão
$R_a = R_b = Q_x \cdot \cos\alpha + N \operatorname{sen}\alpha$ (Reações)	Q_x — Para cima
d = espessura da peça	Q_y — Para o centro (radial)
b = largura da peça	M_t — Gira no mesmo sentido do passo
r = raio do eixo da peça	M_x — Traciona bordo inferior
q = carga por metro linear	M_y — Traciona bordo interno

ESFORÇOS SOLICITANTES PARA

$\varphi = \pi$	$\varphi = \pi/2$	$\varphi = 0$	$\varphi = -\pi$ (Tôpo)
$N = K_1\, qr$	$N = K_7\, qr$	N = zero	$N = -K_1\, qr$
$Q_x = K_2$ "	$Q_x = K_8$	Q_x = "	$Q_x = -K_2$ "
$Q_y = K_3$ "	Q_y = zero	$Q_y = -K_3 \cdot qr$	$Q_y = K_3$ "
$M_t = K_4\, qr^2$	$M_t = K_9\, qr^2$	M_t = zero	$M_t = -K_4\, qr^2$
$M_x = K_5$ "	$M_x = K_{10}$	$M_x = K_{12}\, qr^2$	$M_x = K_5$ "
$M_y = K_6$ "	$M_y = K_{11}$	M_y = zero	$M_y = K_6$ "

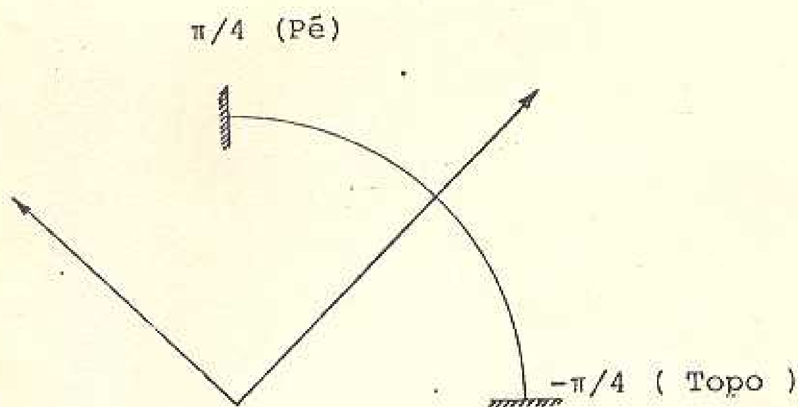
$\operatorname{tg}\alpha$ \ s	K	0,005	0,010	0,020	0,040	0,060	0,080	0,100	0,120
Zero		$K_1 = K_3 = K_6 = K_7 = K_{11}$ = Zero		$K_2 = K_4 = -3{,}142$	$K_5 = -1{,}672$	$K_8 = 1{,}571$	$K_9 = 0{,}959$	$K_{10} = -1{,}000$	$K_{12} = -0{,}448$
0,30	1	0,905	0,905	0,905	0,905	0,905	0,905	0,905	0,905
	2	3,004	3,004	3,004	3,004	3,004	3,004	3,004	3,004
	3	2,760	2,718	2,633	2,483	2,345	2,225	2,115	2,015
	4	0,506	0,544	0,621	0,757	0,882	0,990	1,060	1,180
	5	− 1,582	− 1,587	− 1,594	− 1,609	− 1,622	− 1,634	− 1,646	− 1,656
	6	− 1,154	− 1,166	− 0,189	− 0,230	− 0,267	− 0,300	− 0,330	− 0,357
	7	3,091	3,050	2,969	2,826	2,694	2,579	2,474	2,378
	8	0,707	0,719	0,744	0,787	0,827	0,861	0,893	0,922
	9	0,208	0,215	0,233	0,262	0,290	0,312	0,333	0,352
	10	0,240	0,220	0,180	0,109	0,044	−0,012	− 0,064	− 0,111
	11	− 2,941	− 2,898	− 2,815	− 2,668	− 2,532	− 2,414	− 2,305	− 2,206
	12	− 0,538	− 0,533	− 0,526	− 0,511	− 0,498	− 0,486	− 0,474	− 0,464
0,35	K 1	1,040	1,040	1,040	1,040	1,040	1,040	1,040	1,040
	2	2,966	2,966	2,966	2,966	2,966	2,966	2,966	2,966
	3	2,450	2,410	2,338	2,253	2,153	2,062	1,978	1,895
	4	0,418	0,464	0,516	0,624	0,726	0,823	0,910	0,992
	5	− 1,581	− 1,583	− 1,591	− 1,606	− 1,619	− 1,632	− 1,644	− 1,655
	6	− 0,148	− 0,163	− 0,182	− 0,222	− 0,257	− 0,258	− 0,320	− 0,349
	7	2,833	2,793	2,743	2,645	2,550	2,468	2,385	2,312
	8	0,672	0,685	0,703	0,738	0,771	0,800	0,830	0,855
	9	0,180	0,194	0,201	0,223	0,243	0,260	0,258	0,293
	10	0,288	0,265	0,237	0,178	0,122	0,074	0,028	− 0,016
	11	− 2,661	− 2,620	− 2,567	− 2,464	− 2,365	− 2,279	− 2,192	− 2,115
	12	− 0,539	− 0,537	− 0,529	− 0,514	− 0,501	− 0,488	− 0,476	− 0,465
0,40	K 1	1,166	1,166	1,166	1,166	1,166	1,166	1,166	1,166
	2	2,916	2,916	2,916	2,916	2,916	2,916	2,916	2,916
	3	2,290	2,178	2,135	2,055	1,982	1,913	1,848	1,783
	4	0,351	0,378	0,427	0,520	0,605	0,685	0,761	0,837
	5	− 1,576	− 1,580	− 1,588	− 1,602	− 1,616	− 1,620	− 1,642	− 1,653
	6	− 0,141	− 0,151	− 0,171	− 0,208	− 0,242	− 0,275	− 0,305	− 0,335
	7	2,625	2,604	2,564	2,490	2,422	2,358	2,298	2,238
	8	0,612	0,650	0,666	0,696	0,723	0,748	0,772	0,797
	9	0,163	0,167	0,176	0,193	0,207	0,219	0,232	0,247
	10	0,322	0,308	0,281	0,231	0,185	0,141	0,101	0,060
	11	− 2,434	− 2,411	− 2,368	− 2,289	− 2,216	− 2,147	− 2,082	− 2,018
	12	− 0,541	− 0,540	− 0,532	− 0,518	− 0,504	− 0,490	− 0,478	− 0,467

TABELA 4 (*continuação*)

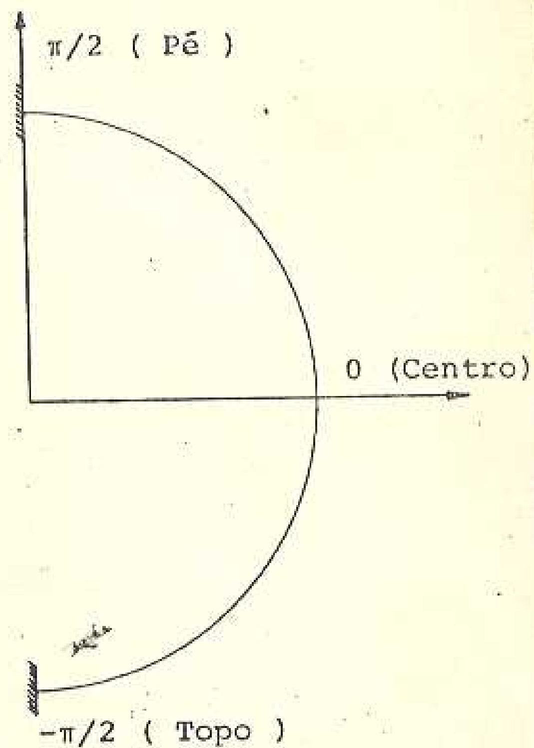
ESFORÇOS SOLICITANTES EM PEÇAS HELICOIDAIS BI-ENGASTADAS COM ABERTURA DE 360°

tg α \ a		0,005	0,010	0,020	0,040	0,060	0,080	0,100	0,120
Zero		$K_1 = K_3 = K_6 = K_7 = K_{11} =$ Zero		$K_2 = K_4 = -3{,}142$	$K_5 = -1{,}672$	$K_8 = 1{,}571$	$K_9 = 0{,}959$	$K_{10} = -1{,}000$	$K_{12} = -0{,}448$
0,45	K 1	1,291	1,291	1,291	1,291	1,291	1,291	1,291	1,291
	2	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866
	3	1,980	1,965	1,935	1,877	1,821	1,768	1,717	1,668
	4	0,310	0,329	0,368	0,443	0,515	0,584	0,649	0,713
	5	− 1,575	− 1,579	− 1,586	− 1,601	− 1,616	− 1,629	− 1,640	− 1,652
	6	− 0,141	− 0,149	− 0,167	− 0,200	− 0,233	− 0,264	− 0,293	− 0,322
	7	2,452	2,438	2,411	2,358	2,307	2,258	2,212	2,167
	8	0,619	0,625	0,638	0,662	0,685	0,706	0,727	0,747
	9	0,149	0,152	0,158	0,169	0,178	0,187	0,198	0,207
	10	0,340	0,329	0,308	0,267	0,227	0,190	0,154	0,119
	11	− 2,240	− 2,225	− 2,195	− 2,136	− 2,078	− 2,024	− 1,974	− 1,924
	12	− 0,545	− 0,541	− 0,534	− 0,519	− 0,504	− 0,491	− 0,480	− 0,468
0,50	K 1	1,408	1,408	1,408	1,408	1,408	1,408	1,408	1,408
	2	2,809	2,809	2,809	2,809	2,809	2,809	2,809	2,809
	3	1,808	1,797	1,774	1,729	1,685	1,643	1,603	1,565
	4	0,263	0,279	0,311	0,378	0,437	0,498	0,552	0,605
	5	− 1,574	− 1,579	− 1,588	− 1,600	− 1,613	− 1,627	− 1,639	− 1,652
	6	− 0,135	− 0,143	− 0,159	− 0,191	− 0,222	− 0,251	− 0,279	− 0,306
	7	2,320	2,311	2,290	2,249	2,210	2,173	2,137	2,103
	8	0,594	0,599	0,609	0,630	0,649	0,668	0,686	0,703
	9	0,134	0,135	0,139	0,148	0,155	0,161	0,168	0,174
	10	0,361	0,352	0,334	0,298	0,264	0,231	0,200	0,170
	11	− 2,090	− 2,078	− 2,054	− 2,008	− 1,962	− 1,919	− 1,878	− 1,838
	12	− 0,546	− 0,541	− 0,534	− 0,521	− 0,507	− 0,493	− 0,481	− 0,468
0,55	K 1	1,514	1,514	1,154	1,514	1,514	1,514	1,514	1,514
	2	2,752	2,762	2,752	2,752	2,752	2,752	2,752	2,752
	3	1,658	1,648	1,629	1,594	1,559	1,526	1,494	1,462
	4	0,242	0,257	0,286	0,339	0,392	0,442	0,490	0,539
	5	− 1,574	− 1,577	− 1,584	− 1,598	− 1,612	− 1,626	− 1,639	− 1,652
	6	− 0,133	− 0,141	− 0,157	− 0,186	− 0,215	− 0,243	− 0,269	− 0,296
	7	2,209	2,201	2,184	2,153	2,123	2,094	2,063	2,038
	8	0,577	0,582	0,591	0,608	0,625	0,640	0,656	0,671
	9	0,127	0,129	0,132	0,137	0,141	0,144	0,149	0,152
	10	0,373	0,364	0,347	0,317	0,287	0,258	0,231	0,203
	11	− 1,961	− 1,952	− 1,931	− 1,894	− 1,857	− 1,821	− 1,784	− 1,753
	12	− 0,546	− 0,543	− 0,536	− 0,522	− 0,508	− 0,494	− 0,481	− 0,468
0,60	K 1	1,618	1,618	1,618	1,618	1,618	1,618	1,618	1,618
	2	2,693	2,693	2,693	2,693	2,693	2,693	2,693	2,693
	3	1,530	1,524	1,510	1,481	1,453	1,426	1,400	1,372
	4	0,217	0,227	0,250	0,297	0,342	0,386	0,428	0,473
	5	− 1,572	− 1,576	− 1,583	− 1,597	− 1,611	− 1,625	− 1,638	− 1,651
	6	− 0,132	− 0,138	− 0,152	− 0,180	− 0,207	− 0,233	− 0,259	− 0,280
	7	2,120	2,115	2,103	2,078	2,054	2,031	2,009	1,985
	8	0,558	0,561	0,568	0,583	0,598	0,612	0,625	0,639
	9	0,119	0,119	0,120	0,123	0,126	0,128	0,130	0,133
	10	0,383	0,377	0,364	0,337	0,310	0,285	0,260	0,234
	11	− 1,856	− 1,849	− 1,834	− 1,801	− 1,770	− 1,740	− 1,711	− 1,681
	12	− 0,548	− 0,544	− 0,537	− 0,523	− 0,509	− 0,495	− 0,487	− 0,469
0,65	K 1	1,712	1,712	1,712	1,712	1,712	1,712	1,712	1,712
	2	2,636	2,636	2,636	2,636	2,636	2,636	2,636	2,636
	3	1,420	1,414	1,402	1,378	1,355	1,334	1,310	1,290
	4	0,205	0,215	0,236	0,277	0,318	0,352	0,393	0,428
	5	− 1,572	− 1,575	− 1,582	− 1,596	− 1,610	− 1,625	− 1,638	− 1,650
	6	− 0,132	− 0,138	− 0,152	− 0,178	− 0,204	− 0,227	− 0,254	− 0,276
	7	2,047	2,042	2,032	2,012	1,993	1,975	1,955	1,938
	8	0,544	0,547	0,554	− 0,567	0,580	0,591	0,604	0,615
	9	0,114	0,115	0,116	0,117	0,118	0,119	0,119	0,170
	10	0,390	0,384	0,371	0,347	0,324	0,302	0,278	0,257
	11	− 1,768	− 1,761	− 1,748	− 1,720	− 1,693	− 1,667	− 1,640	− 1,616
	12	− 0,548	− 0,545	− 0,538	− 0,524	− 0,510	− 0,495	− 0,482	− 0,470

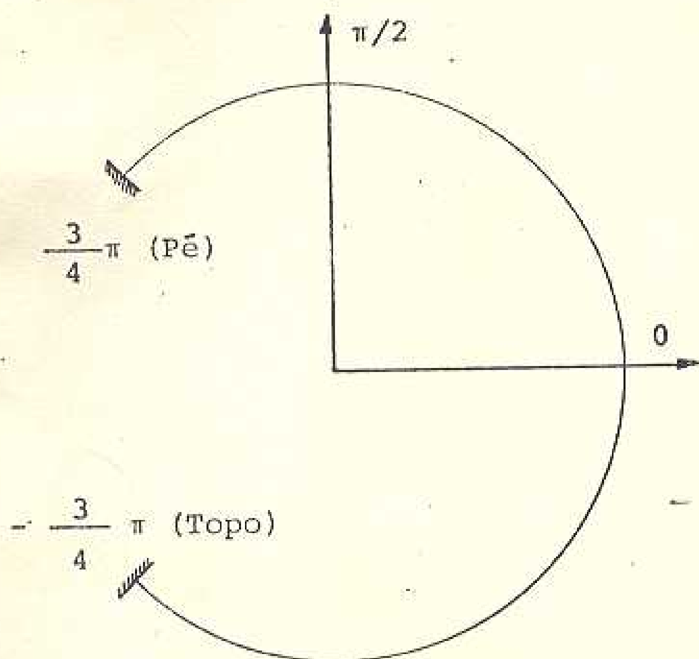
ABERTURA DE 90º



ABERTURA DE 180º



ABERTURA DE 270º



ABERTURA DE 360º

